

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta elektrotechniky a informatiky**

**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Laboratorní úloha měření videonystagmografie**

**Laboratory Task of Measurements of Videonystagmography**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

## Zadání bakalářské práce

Student: **Dagmar Dospivová**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik  
Téma: **Laboratorní úloha měření videonystagografie**  
**Laboratory Task of Measurements of Videonystagography**

Zásady pro vypracování:

Cílem bakalářské práce bude popsat a provést měření pomocí videonystagografie.

1. Teoretická část bude zaměřena na anatomii a fyziologii rovnovážného ústrojí a možnosti vyšetření rovnováhy.
2. V praktické části bude prováděno měření pomocí videonystagografie.
3. Výsledky budou prezentovány v grafech a tabulkách.
4. V závěru bude provedeno zhodnocení výsledků práce i přínos, který její řešení znamenalo pro autora BP.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. MRÁZKOVÁ, Eva. *Základy audiologie a metod objektivního vyšetření sluchu*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2006. 111 s. ISBN 80-248-1129-4 (brož.).
2. MRÁZKOVÁ, Eva, Jiří MRÁZEK a Marie LINDOVSKÁ. *Základy audiologie a objektivní audiometrie: medicínské a sociální aspekty sluchových vad*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2006. 121 s. ISBN 8073682265, 9788073682262.
3. KUTÁ, Soňa. *Evokované potenciály sluchové dráhy*. Ostrava, 2008. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra měřicí a řídicí techniky. 59 s.
4. STANICKÝ, Ondřej. *Audiometrie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. FEKT, Ústav biomedicínského inženýrství, 2011. Diplomová práce. 58 s. Dostupné také z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=37729](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=37729).
5. POSPÍCHALOVÁ, Jana. *Rozvoj komunikačních dovedností u sluchově postižených dětí předškolního věku*. Brno: Masarykova univerzita Brno, Pedagogická fakulta, Katedra speciální pedagogiky, 2006. Diplomová práce. 71 s. Dostupné také z: [http://is.muni.cz/th/45913/pedf\\_m/DIPLOMOVA\\_PRACE.pdf](http://is.muni.cz/th/45913/pedf_m/DIPLOMOVA_PRACE.pdf).
6. ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 3*. 2. vyd. Praha: Grada publishing, 2002. 673 s. ISBN 80-7169-140-2.
7. Uživatelský manuál video brýlí VG40 User Guide for CHARTR 200.
8. Uživatelský manuál přístroje VNG Operator's Manual CHARTR 200.
9. Uživatelská příručka v přístroji ICS Chartr 200 od firmy Otometrics.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. RNDr. Jindřich Černohorský, CSc.**

Datum zadání: 18.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012



---

doc. Ing. Jiří Kozíorek, Ph.D.  
*vedoucí katedry*

---

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

## **Prohlášení**

*Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Jindřicha Černožského, CSc. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracovávání čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.*



*Dagmar Dospivová*

*V Ostravě dne 4. 5. 2012*

## **Poděkování**

Chtěla bych touto cestou velice poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. RNDr. Jindřichu Černohorskému, CSc. za trpělivost, spolupráci a odborné zázemí při tvorbě této bakalářské práce a čas věnovaný našim konzultacím.

Zároveň bych touto cestou chtěla poděkovat zdravotnickému personálu v Centru pro poruchy sluchu a rovnováhy, bez kterých by nebyla možná technická realizace bakalářské práce. Děkuji za odborné zázemí a spolupráci.

## **Abstrakt**

Sluch, zrak a rovnováha tvoří nejdůležitější lidské smysly, pomocí kterých vnímáme naše okolí a komunikujeme s ním. I přesto, že se jedná o ústrojí, jež jsou složitě vzájemně propojena a částečně kompenzovatelná a zastupitelná, bez nich bychom nebyli schopni reagovat na zvukové ani vizuální podněty. Je velice důležité včas vyšetřit sluchově-rovnovážný aparát a dbát na brzké řešení zjištěných poruch. Bakalářská práce je zaměřena na jednu z neinvazivních, objektivních vyšetřovacích metod rovnovážného a zrakové ústrojí, zvanou videonystagmografie. Jedná se o vyšetřovací metodu, která posuzuje zejména výskyt nystagmu, jenž je jasným ukazatelem poruch rovnováhy. Na základě stimulace očí vizuálními podněty můžeme posoudit rychlost průběhu nervových signálů nervovými dráhami a schopnost nejen vestibulárního ústrojí zpětně na podráždění reagovat. Projevuje se zde úzká spolupráce mezi zrakovým a vestibulárním ústrojím.

### **Klíčová slova:**

Audiometrie, rovnováha, videonystagmografie, elektronystagmografie, objektivní vyšetřovací metody sluchu a rovnováhy

## **Abstract**

Hearing, sight and balance are the most important human senses through which we see our surrounding and communicate with him. Even though it is systems, which are hardly interconnected and partially substitutable and countervailable, without them we would not be able to respond to sound or visual impulses. It is very important to investigate into the right time-hearing and balanced appliance to ensure early resolution of identified problems. Bachelor work is focused on one of the non-invasive, objective methods of investigation balanced and visual system, called videonystagmografie. This is an investigative method that assesses the presence of particular nystagmus, which is a clear indicator of balance problems. On the basis of stimulating visual impulses the eyes can measure the speed of nerve signals through the nervous pathways and the ability to not only re-vestibular tract irritation response. This is a result close cooperation between visual and vestibular mechanism.

### **Key words:**

Audiometry, balance, stability, videonystagmography, elektronystagmography, objective diagnostic methods of hearing and balance

## **Seznam použitých symbolů a značek**

CNS	Centrální nervový systém
EMC	Elektrická kompatibilita
ENG	Elektronystagmografie
OPK	Optokinetický test
ORL	Otorinolaryngologie
SPV	Slow phase velocity (pomalá fáze nystagmu)
VNG	Videonystagmografie
VOR	Vestibulo-okulární reflex

## Seznam použitých cizích slov

Ampule	rozšíření polokruhovitých kanálků
Audiologie	lékařský obor zabývající se sluchem a jeho poruchami
Audiometrie	měření sluchu
Gaze	přímá pohled na vizuální cíl
Inervace	zásobování nervovými vlákny
Inferior	nižší
Latence	zpoždění, tzv. časová prodleva mezi iniciací projevu a jeho viditelným projevem
Lateralis	postranní
Medialis	střední
Nervus oculomotorius	okohybný nerv (III. hlavový nerv)
Nervus trochlearis	kladkový nerv (IV. hlavový nerv)
Nervus abducens	odtahovací nerv (VI. hlavový nerv)
Okulomotorika	oční pohyby
Orbita	oční dutina
Peak velocity	rychlost vizuálního cíle
Prenatální	období mezi početím a narozením
Proprioreceptivní ústrojí	smyslové ústrojí
Range	rozsah (rozsahový senzor)
Saccade	trhavé oční pohyby
Sacculus	váček blanitého labyrintu
Statoakustický aparát	ušní aparát (zevní, střední a vnitřní ucho)
Stimulus	podnět, který dráždí určitá ústrojí
Sumace	součet
Superior	vyšší
Synapse	spojení neuronů
Tracking	plynulé oční pohyby
Threshold	prahová hodnota
Utriculus	váček blanitého labyrintu
Vestibulární systém	rovnovážný systém



## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Anatomie a fyziologie rovnovážného a zrakového ústrojí.....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Anatomie a fyziologie rovnovážného ústrojí.....</i>	<i>3</i>
2.2	<i>Anatomie a fyziologie zrakového ústrojí.....</i>	<i>5</i>
2.2.1	Anatomie oka .....	5
2.2.2	Fyziologie oka.....	8
2.3	<i>Vyšetřování sluchově-rovnovážného aparátu .....</i>	<i>11</i>
2.3.1	Vyšetření sluchového aparátu .....	11
2.3.2	Vyšetření vestibulárního ústrojí .....	11
2.3.3	Vyšetření vestibulookulárních jevů.....	13
<b>3</b>	<b>Videonystagmografie (VNG).....</b>	<b>15</b>
3.1	<i>Přístroj ICS Chartr 200 .....</i>	<i>16</i>
3.2	<i>Video brýle VG40.....</i>	<i>19</i>
3.2.1	Umístění video brýlí na vyšetřovaného pacienta .....	20
3.2.2	Údržba (čištění) video brýlí .....	20
3.3	<i>Světelný panel .....</i>	<i>21</i>
<b>4</b>	<b>Vyšetření VNG .....</b>	<b>22</b>
4.1	<i>Kalibrace.....</i>	<i>22</i>
4.2	<i>Pokyny před vyšetřením pacienta.....</i>	<i>22</i>
4.3	<i>Příprava pacienta, přístroje v ordinaci lékaře před zahájením vyšetření .....</i>	<i>23</i>
4.3.1	Postup nastavení video obrazu snímaných očí před započítáním měření v záložce Video Adjustments (nastavení videa) .....	24
<b>5</b>	<b>Vyšetřovací testy, analýza .....</b>	<b>26</b>
5.1	<i>Saccade test.....</i>	<i>26</i>
5.1.1	Výsledky .....	26
5.1.2	Analýza dat.....	27
5.1.3	Artefakty .....	31
5.2	<i>Tracking test.....</i>	<i>32</i>
5.2.1	Výsledky .....	32
5.2.2	Analýza dat.....	34
5.3	<i>Optokinetický test OPK.....</i>	<i>35</i>

5.3.1	Výsledky .....	35
5.3.2	Analýza dat.....	36
5.4	<i>Gaze test</i> .....	36
5.4.1	Výsledky .....	37
5.4.2	Analýza dat.....	38
<b>6</b>	<b>Modelové situace chyb .....</b>	<b>40</b>
6.1	<i>Vzdálenost vyšetřovacího křesla od světelného panelu</i> .....	40
6.2	<i>Umístění video brýlí</i> .....	42
6.3	<i>Špatné nastavení video obrazu snímaných očí</i> .....	43
6.3.1	Správné nastavení parametrů .....	43
6.3.2	Špatné nastavení prahové hodnoty threshold a kontrastu .....	43
6.3.3	Špatné umístění zornic .....	44
6.4	<i>Spolupráce pacienta</i> .....	45
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>48</b>

# 1 Úvod

Téma bakalářské práce jsem si zvolila na základě praktické výuky v rámci předmětu Audiometrie. Přístroj a vyšetřovací metoda videonystagmografie mne zaujala a proto jsem se o ní chtěla dozvědět více.

V bakalářské práci se budu zabývat jednou s neinvazivních objektivních vyšetřovacích metod poruchy rovnováhy. Jedná se o vyšetřovací metodu zvanou videonystagmografie, která je založena na detekci pohybů očí, reagujících na světelné vizuální podněty. Při této vyšetřovací metodě se vyšetřuje především přítomnost nystagmu, jež je jasným ukazatelem poruch rovnováhy.

Sluch, zrak a rovnováha tvoří unikátní trojkombinaci nejdůležitější lidských smyslů, které nám poskytují nejen orientaci prostorovou, ale také schopnost rozpoznat a reagovat na vnější podněty. Bez těchto základních smyslů bychom nebyli schopni reagovat at' už na zvukový či vizuální podnět, nebyli bychom schopni udržet tělo v jedné rovině a reagovat na případné vychýlení z dané osy. Proto je velice důležité včas vyšetřit sluchově-rovnovážný aparát a dbát na brzké adekvátní řešení zjištěných poruch.

Se zmínkami o poruchách sluchu se nesetkáváme pouze v dnešní době, ale již ve starověku řekl Aristoteles: „*Kdo neslyší, nemůže se naučit mluvit, hlas mu nechybí, ale řeči nemá*“. Tento slavný výrok platí dodnes.

S rozvojem techniky a sestrojením prvního audiogramu vzniká v roce dosud 1920 neznámý obor zvaný audiometrie, který se zabývá vyšetřením nejprve sluchového ústrojí a v druhé polovině 20. století rovnovážného ústrojí. S rozšířením výpočetní technologie nastává také rozšíření a obrovský rozvoj vyšetřovacích metod v audiometrii. Díky rychle se rozvíjející moderní technologii jsme dnes schopni provádět vyšetření, nejen sluchově-rovnovážného aparátu, rychle a co s největší přesností a kvalitou.

Sluchově-rovnovážný aparát se nejdříve vyšetřuje pouze orientačně u praktického lékaře, při podezření na sluchovou vadu je pacient následně s doporučením lékaře poslán ke specializovanému lékaři na ORL a při trvajících obtížích do specializovaného centra např. do Centra pro poruchy sluchu a rovnováhy. Centrum pro poruchy sluchu a rovnováhy je jedním z nejlépe zařízeníých center v České republice, jedná se o moderně zařízené centrum s kvalitním a špatně dostupným vybavením a obsluhou.

Bakalářská práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou. Část teoretická je zaměřena na anatomii, fyziologii a patofyziologii rovnovážného a zrakového ústrojí, neboť je velice důležité uvědomit si, jak jsou již zmíněná smyslová ústrojí vzájemně složitě propojena a jak vzájemně pracují. Nesdílňou součástí teoretické části je nadále popis vyšetřovací metody, popis přístroje ICS Chartr 200 a příslušných částí, sloužících k vyšetření.

Část praktická je zaměřena na technické parametry a diagnostické možnosti měření, následně pak na analýzu získaných výsledků při měření.

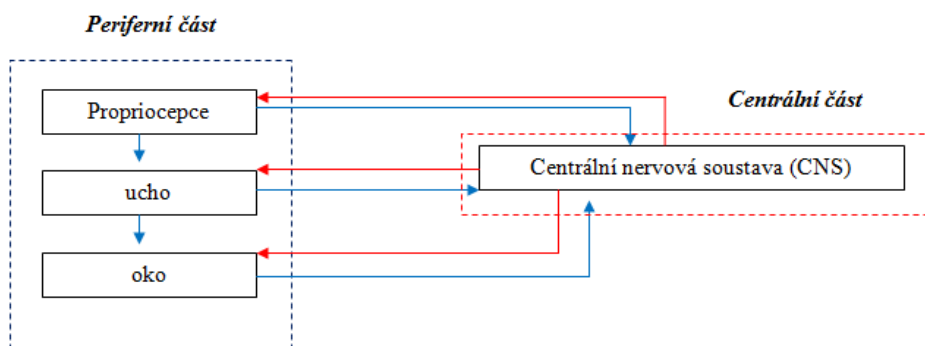
Cílem práce je vytvořit laboratorní úlohu, jejíž součástí bude manuál k měření videonystagmografie pro Centrum pro poruchy sluchu a rovnováhy. Tento manuál bude sloužit jednak obsluhujícímu personálu, ale také studentům lékařských a nelékařských oborů pro jejich praktickou výuku tak, aby podle něj byli schopni přístroj zapojit, vyvarovat se chyb a správně využít jednotlivé modalities měření.

## 2 Anatomie a fyziologie rovnovážného a zrakového ústrojí

### 2.1 Anatomie a fyziologie rovnovážného ústrojí

Lidský organizmus udržuje rovnováhu našeho těla v klidu i v pohybu a to díky různým mechanoreceptorům jako např. vestibulárním, kožním, svalovým, šlachovým, kloubním a zejména zrakovým. Rovnovážné ústrojí obsahuje orgány polohy a pohybu, které hrají důležitou a rozhodující roli v detekci polohy a pohybu hlavy a těla. Informace z vestibulárního systému se účastní reflexů udržujících hlavu a trup ve vzpřímené poloze a reflexů, které fixují oči na sledovaný objekt při změnách polohy hlavy. Mají velký význam také v regulaci pohybů a svalového napětí, v udržování rovnováhy aj.

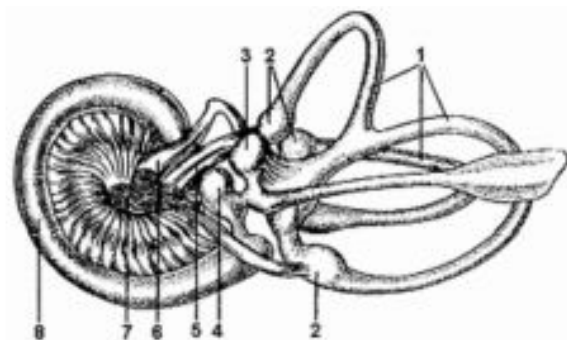
Rovnováhu zajišťují navzájem tři vzájemně propojená ústrojí. Jedná se o ústrojí proprioceptivní, vestibulární a zrakové. Nejen, že jsou tato ústrojí navzájem propojena, ale jsou také částečně kompenzovatelné a zastupitelné. Navzájem jsou spojena s různými regulačními centry v mozkové kůře, mozečku a kmeni mozkovém, čímž je vytvořena složitá funkční jednotka viz Obr. 1. Všechna tři propojená ústrojí musí být vzájemně synchronizována, aby vše správně fungovalo a odpovídalo příslušným reakcím a podnětům. Při pohybu hlavy či těla dochází k podráždění periferní části vestibulárního systému, která přenáší podráždění dále do sluchového a zrakového aparátu. Podráždění je posléze přeneseno do centrální části, kterou představuje centrální nervová soustava (CNS). CNS vyhodnotí přijaté podráždění a vyšle do jednotlivých smyslových ústrojí – periferní části příslušnou odpověď (reakci) na obdržené podráždění.



**Obrázek 1** Schéma vzájemně propojených ústrojí zajišťujících rovnováhu

Rovnovážné ústrojí je umístěno ve středním uchu, je spojeno s kostěným hlemýžďem ve statoakustický aparát. Skládá se ze tří polokruhovitých kanálků, které jsou vždy na jednom konci rozšířené v tzv. ampule, a z vejčitého a kulovitého váčku, viz Obr. 2. Polokruhovité kanálky leží v kostěném labyrintu, ve třech navzájem kolmých rovinách. Vejčitý i kulovitý váček obsahuje vláskové smyslové buňky a krystalky solí. Při pohybu hlavy nebo při změně polohy a těžiště těla dojde k pohybu krystalků, který způsobí ohyb jednotlivých vlásků, což následně vyvolá podráždění jednotlivých smyslových vláskových buněk, které zastávají funkci tzv. polohových čidel, reagujících na jakékoliv změny polohy. Pomocí těchto receptorů udržuje tělo rovnováhu v pohybu i v klidu.

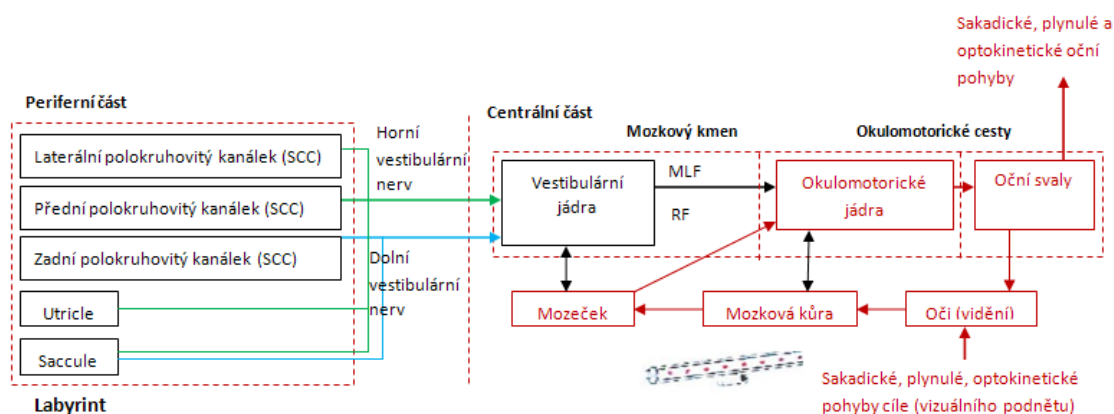
Funkce rovnovážného ústrojí se vyvíjí ještě v prenatálním období. Následné poškození rovnovážného ústrojí způsobuje např. závratě a s tím spojené točení hlavy a nevolnost. Poruchy rovnováhy se mohou projevovat spontánně nebo po jakékoliv provokaci či podráždění.



**Obrázek 2** Anatomie vestibulárního (rovnovážného) ústrojí [6]

### **Stavba vestibulárního ústrojí (popis Obr. 2):**

1 polokruhovitý kanálky, 2 ampule, 3 vejčitý váček, 4 kulovitý váček, 5 a 7 sluchově-rovnovážný nerv neboli VIII. Hlavový nerv, 6 lící nerv, 8 blanitý hlemýžď



**Obrázek 3** Schéma vestibulo-okulárních drah a jejich zpětných vazeb

Při pohybu hlavu dojde k podráždění periferní části vestibulárního ústrojí přesněji jednotlivých polokruhovitých kanálků v labyrintu. Dojde k podráždění laterálního polokruhovitého kanálku a předního polokruhovitého kanálku, posléze dojde k podráždění zadního polokruhovitého kanálku, utriculu a sacculu. Postupně se podráždění šíří z labyrintu dvěma vestibulárními nervy do centrální části vestibulárního systému, kde stimulují vestibulární jádra v mozkovém kmeni, okulomotorické jádra a oční svaly, přes které se podráždění přenáší na oči, které na základě podráždění reagují na přijatý podnět. Posléze je podrážděna mozková kůra a mozeček, přes který se podráždění vrací zpětnou vazbou do centrální části vestibulárního systému. Viz schéma vestibulo-okulárních drah a jejich zpětných vazeb na Obr. 3.

**Polokruhové kanálky** jsou drážděny při pohybech hlavy vyvolávajících změnu jejího úhlového zrychlení. Podráždění, vznikající v polokruhovitých kanálcích, může dospět k očním svalům za 2,5 m/s až 3 m/s i dříve. Drážděním jednoho kanálku nebo jeho nervu vznikají oční pohyby, ležící v prostorové rovině, paralelní s rovinou drážděného kanálku bez ohledu na polohu oka v orbitě nebo postavení hlavy vzhledem k ose těla. Jsou-li drážděny současně dva nebo více kanálků pak se indukované oční pohyby sumují. Jde-li o krátce trvající stimulus, jsou oční pohyby mono nebo bifázické. Trvá-li stimulus déle, vzniká nystagmus. Jeho pomalá fáze směřuje ke drážděné straně a rychlá ve směru opačném.

Utrikulosakulární receptory (**utricleus, sacculus**) jsou drážděny při změnách lineárního zrychlení nebo statického držení hlavy. Jejich podrážděním dochází k zvrtnému stáčení očí.

Funkce jednotlivých částí **vestibulárních jader** je různá. Neurony polokruhovitých kanálků mají primární synapse v rostrální části mediálního a v horním vestibulárním jádru. Neurony z utricleu a saculu směřují převážně do dolního vestibulárního jádra a do kaudální části jádra mediálního.

Neurony v horním mediálním vestibulárním jádru jsou aktivovány při horizontálním úhlovém zrychlení nebo při stimulaci nervů polokruhovitých kanálků. Neurony v kaudálních částech vestibulárních jader jsou naproti tomu aktivovány sklonem hlavy.

[9]

## 2.2 Anatomie a fyziologie zrakového ústrojí

### 2.2.1 Anatomie oka

Zrak je pro nás dalším velmi důležitým smyslem, pomocí kterého vnímáme až 90 % informací. Umožňuje nám vnímat světlo a to prostřednictvím speciálních světločivných receptorů, uložených v sítnici oka. Neumožňuje nám jen schopnost vidět a vnímat, ale poskytuje nám možnost pohybovat okem a to díky jednotlivých okohybným svalům a příslušným nervům. Oko nás také velice přesně informuje o rovnováze v součinnosti s propriocepcí a jednotlivými kanálkami.

Oko je tvořeno optickým světlolopným systémem, světločivnými receptorovými elementy a nervem, který odvádí informace z oka pryč do centrální nervové soustavy. Skládá se z oční koule a přídatných očních orgánů, jako jsou okohybné svaly, horní a dolní oční víčko, spojivka a slzní ústrojí.

[4]

#### 2.2.1.1 Oční koule

Oční koule neboli oční bulbus (*bulbus oculi*) je hlavním orgánem zraku, jenž leží chráněn v tukovém polštáři v oční dutině (*orbita*). Skládá se z několika dalších částí a vrstev:

*Bělina (sclera)* tvoří obal bulbu, je silná, pevná a neprůhledná vazivová blána bílé barvy. Upínají se do ní okohybné svaly, které pohybují bulbem ve svislé, vodorovné, příčné a šikmé ose. Tyto svaly jsou inervovány III., IV. a VI. hlavovým nervem. V přední části přechází v průhlednou rohovku (*cornea*).

*Rohovka* je složena z tenkých, bezbarvých a průhledných vazivových lamel, má tvar kulatého vypouklého hodinového sklíčka a je mnohem více senzitivně inervována. Je chráněna slzami, které jsou nepřetržitě produkovány slznými žlázkami.

*Cévnatka (choroidea)* někdy také živnatka (*uvea*) je uložena pod bělimou a už z názvu je patrné, že se jedná o pigmentovou vrstvu oční koule, jenž obsahuje velké množství drobných cévek, které zajišťují výživu dalších částí oka. V přední části přechází cévnatka v řasnaté těleso (*corpus ciliare*), které má tvar kruhovitěho valu. Jeho podkladem je řasnatý sval (*musculus ciliaris*). Z řasnatého tělesa vybíhají vlákna, která se upínají na okraj čočky a tvoří tzv. závěsný aparát čočky.

*Duhovka (iris)* má tvar mezikruží s centrálním otvorem zornicí (*pupilla*). Leží v horizontální rovině před čočkou. Duhovka je individuálně zbarvená a také se u jednotlivých lidí liší její prostorová povrchová struktura. Duhovka funguje jako tzv. clona neboť reguluje množství světla, které proniká do oční koule.

*Sítnice (retina)* je vnitřní a nejsložitěji uspořádaná vrstva oční koule. Pokrývá zadní dvě třetiny vnitřní plochy bulbu s výjimkou místa, kde zrakový nerv opouští bulbus, toto místo se nazývá slepá skvrna. Sítnice se skládá z pigmentového epitelu, který zajišťuje výživu, ochranu a světelnou izolaci fotoreceptorů a z fotoreceptorů tyčinek a čípků, což jsou vlastní světločivné elementy, které umožňují vnímat intenzitu a barvu světla. Jsou zanořeny do pigmentové vrstvy a liší se zejména svým tvarem.

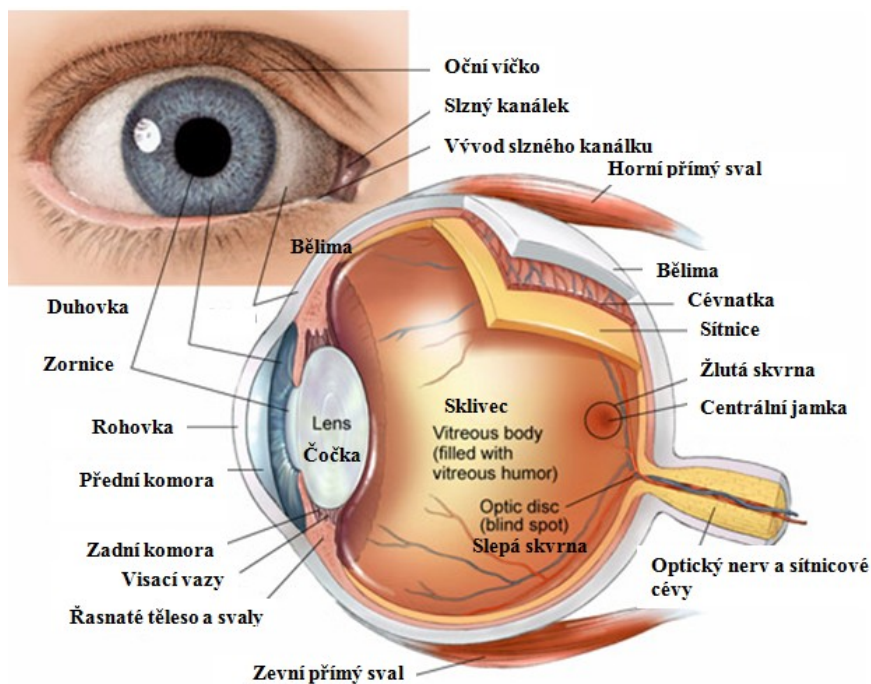
- *Čípky* slouží k vnímání barev, umožňují tzv. fotopické vidění. Jsou širší a kratší, jejich celkový počet činí asi zhruba 6 milionů. Nejvíce čípků je soustředěno v tzv. žluté skvrně, což je místo nejostřejšího vidění, ve kterém zcela chybí tyčinky.
- *Tyčinky* slouží k vnímání rozdílných intenzit bílého světla, umožňují tzv. skotopické vidění. Jsou štíhlé a protáhlé, jejich počet činí zhruba 120 milionů a jsou aktivní zejména za šera. V sítnici jsou rozmístěny rovnoměrně.

*Čočka (lens)* je zavěšena na vláknech závěsného aparátu (řasnatého tělesa), který ovlivňuje napětí a tvar čočky, a tím i její optickou mohutnost a ohniskovou vzdálenost. Tvoří ji průhledná elastická rosolovitá hmota, která je pevně uzavřena v pouzdru.

[8]

*Sklivec (corpus vitreum)* je průhledná rosolovitá hmota, která za čočkou vyplňuje podstatnou část vnitřního prostoru oční koule.





Obrázek 4 Anatomie oka

#### 2.2.1.2 Okohybné svaly

Okohybné svaly zajišťují pohyby oční koule. Podle průběhu svalových snopců je dělíme na svaly přímé a šikmé.

Společným začátkem okohybných svalů je kruhovitá šlacha umístěná v hrotu orbity tzv. *anulus tendineus communis*. Úpony jednotlivých svalů jsou lokalizovány do každého kvadrantu bulbu jeden, jejich název odpovídá poloze svalu. Umístění svalů a příslušné inervace je zobrazeno na Obr. 5.

[14]

Důležitá je také inervace, kterou svalům zajišťují příslušné nervy. Všem přímým svalům zajišťuje inervaci *třetí hlavový nerv – nervus oculomotorius*. S výjimkou m. rectus lateralis, který spadá pod *nervus abducens*, tedy pod *čtvrtý hlavový nerv*.

***Musculi recti (svaly pravé)*** – m. rectus superior, m. rectus inferior, m. rectus medialis a m. rectus lateralis.

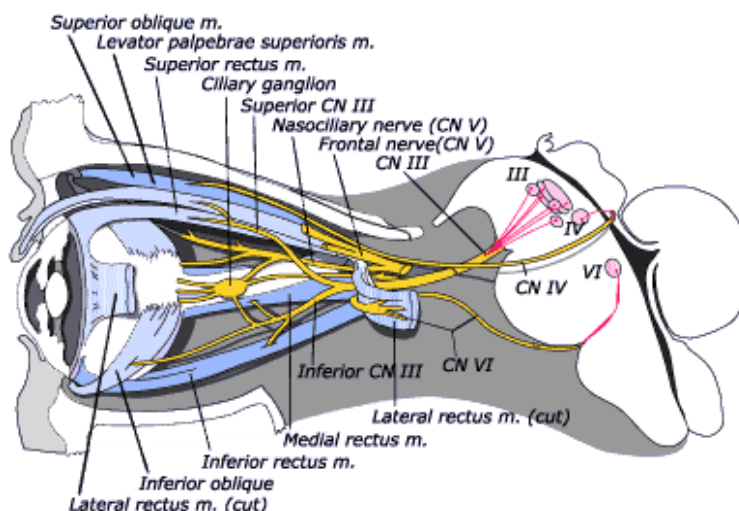
***Musculi obliqui (šikmé svaly)*** mají s přímými společný začátek, ale liší se úpony a průběhy. Inervaci zajišťují *nervus trochlearis* a *nervus oculomotorius*. Jedná se o musculus obliquus superior, jenž je inervován n. IV. a musculus obliquus inferior, jenž je inervován n. III.

### Základní charakteristika jednotlivých okohybných nervů:

**III. – nervus oculomotorius** se dělí na dvě části, na část parasympatickou a část motorická vlákna. Parasympatická část má funkci zúžení zornice a akomodace tedy zaostření. Motorická vlákna pohybují okem nazálně, vzhůru a dolů.

**IV. – nervus trochlearis** pohybuje bulbem dolů a dovnitř.

**VI. – nervus abducens**, jehož funkcí je abdukce oka.



**Obrázek 5** Umístění okohybných svalů a jejich inervace [21]

#### **2.2.2 Fyziologie oka**

V přední části oka je v bělimě vypouklina, kterou do nitra oční bulvy pronikají světelné paprsky. Touto vypouklinou je rohovka, která soustřeďuje dopadající světelné paprsky a směřuje je do centra oka. Oční rohovka má velmi přesné zakřivení, které se na okrajích zplošťuje a tak zamezuje odchýlkám, které by jinak výsledný obraz zkreslovaly.

Bezprostředně za rohovkou následuje duhovka, což je zbarvená svalová clona, jenž obklopuje černou centrální zornici a plní funkci snímacího prvku, na který se obraz promítá a to stranově a výškově převrácený. Kruh tvořený speciální svalovinou se může trvale stahovat či roztahovat, může zužovat či rozšiřovat velikost a průměr zornice a dirigovat tak množství světla vstupujícího do nitra oka. Následuje zornice, která vede do centrální části oka. Dopadající světelné paprsky soustřeďuje k tomuto centru nejprve rohovka, a poté je mnohem přesněji zaostřuje čočka, aby nakonec na světločivném povrchu sítnice vznikl jasný, zřetelný a ostrý obraz.

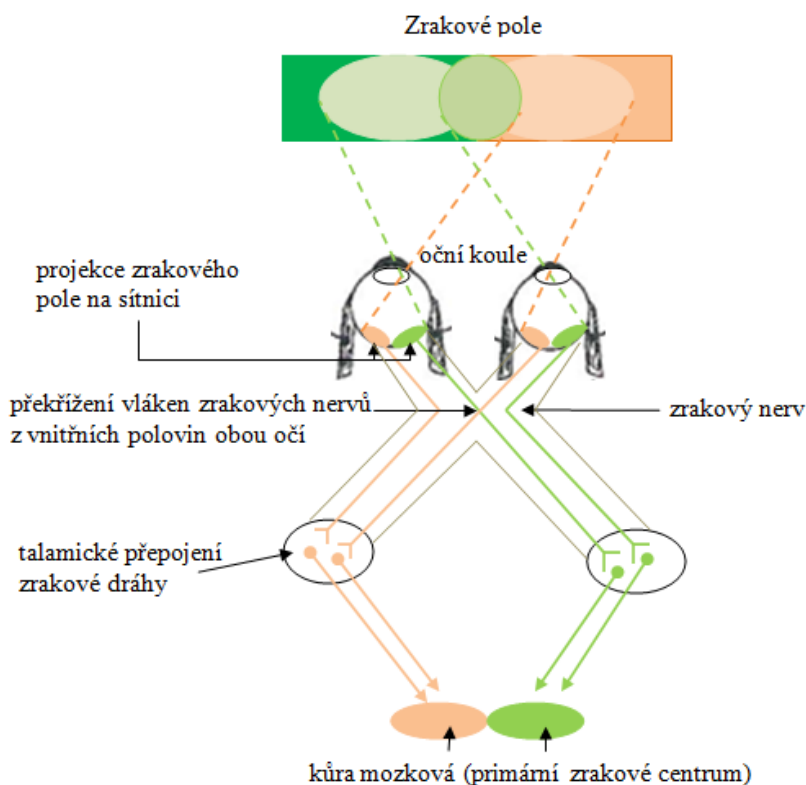
Oční čočka je tvořena několika vrstvami, přičemž každá z nich přispívá k lomu světelných paprsků. Za čočkou proniká světlo rosolovitou tekutinou sklivcem, který vyplňuje vnitřní dutinu oční bulvy. Tento tzv. komorový mok udržuje oční bulvu pod tlakem a zachovává tím i její kulatý tvar.

Po dopadu na sítnici se světelná energie přeměňuje na elektrické nervové impulsy. Sítnice má tři mikroskopické vrstvy nervových buněk. Nejbližší k čočce je vrstva gangliových buněk, poté následují buňky bipolární a nakonec již vlastní fotoreceptorové buňky a ty právě zpracovávají jednotlivé dávky světelné energie (tzv. fotony) dopadající na sítnici. Paprsky světla musí nejprve projít vrstvou gangliových a bipolárních buněk a teprve poté dopadají na fotoreceptory. Jak už je výše uvedeno, fotoreceptory tvoří dva druhy odlišných buněk a to čípky a tyčinky. Při dopadu fotonu na fotoreceptor se rozkládá jedna molekula rhodopsinu, který obsahují čípky a vzniká tak elektrický impuls čili nervový signál. V těsné blízkosti žluté skvrny je oblast, v níž se spojují nervová vlákna oka a vytvářejí zrakový nerv, který vystupuje z oční bulvy a přenáší nervové signály pro další zpracování do CNS. V tomto místě nejsou přítomny žádné senzorické buňky a výsledkem je slepá skvrna.

Nervové vzruchy vznikající ve světločivných buňkách (fotoreceptorech) sítnice dopadem světelných paprsků z předmětů umístěných v zorném poli urazí dlouhou cestu, než se dostanou do mozku, kde jsou dešifrovány a sestaveny v optický obraz. V průběhu této dráhy se některá vlákna zrakového nervu kříží, takže do zrakového centra v týlních (okcipitálních) lalocích obou hemisfér dorazí podněty z obou očí, viz Obr. 6.

[15]

Oko se vyznačuje elektrickou bipolaritou, na jejímž základě se provádí několik vyšetření. Rohovka má náboj kladný, zatímco sítnice má náboj záporný.

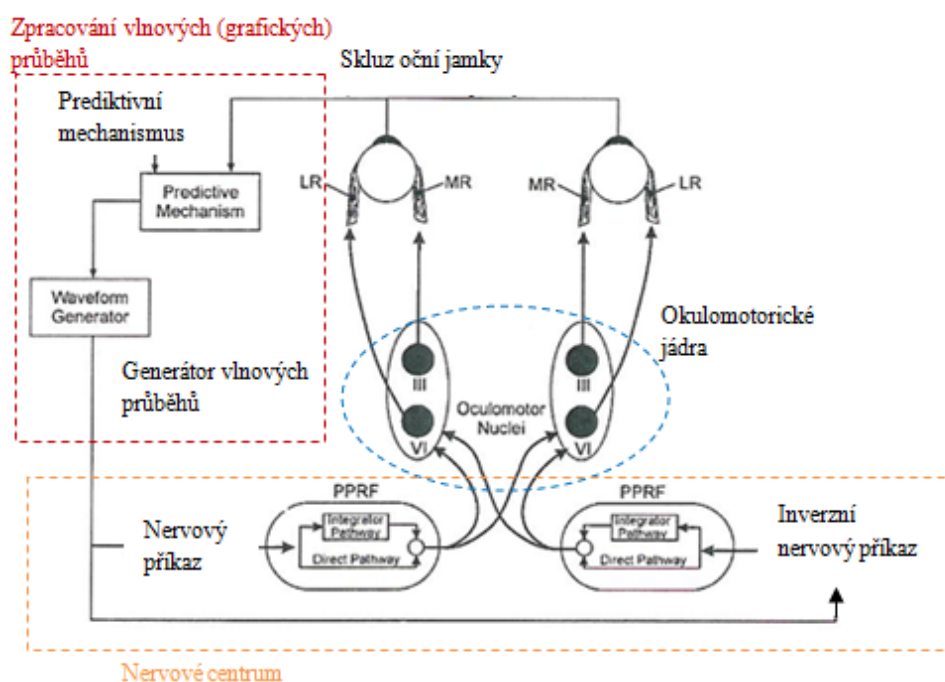


**Obrázek 6** Schéma zrakových drah

Na Obr. 7 je znázorněno propojení nervových a zrakových drah, které vedou vizuální podněty do centrální nervové soustavy k dalšímu zpracování. Obrázek by se dal rozdělit na dvě části, přičemž jedna odpovídá blokovému schématu přístroje a principu šíření vizuálního podnětu daným přístrojem. Druhá část odpovídá stavbě nervových a zrakových drah uvnitř lidského těla a princip šíření vizuálních podnětů.

Oční bulvy snímají určitý vizuální podnět a pohybují očními svaly, na základě snímání očních pohybů vzniká určitý vlnový (grafický) průběh o určité frekvenci a amplitudě, odpovídající daným očním pohybům a reakcím na vizuální podněty. Vlnové průběhy jsou následně v prediktivním mechanismu zaznamenány a poté upraveny pomocí generátoru vlnových průběhů.

Na základě snímání skluzu oční jamky je prostřednictvím nervových drah vyslán nervový příkaz, který vede přes nervové centrum na zrakové dráhy, které jsou zastoupeny okulomotorickými jádry. Tyto okulomotorické jádra pohybují jednotlivými okohybnými svaly očních koulí dle přijatého podnětu.



**Obrázek 7** Schéma nervo-zrakové dráhy

## **2.3 Vyšetřování sluchově-rovnovážného aparátu**

### **2.3.1 Vyšetření sluchového aparátu**

Existuje mnoho příčin, způsobující poruchy sluchově-rovnovážného aparátu. Liší se dle místa, ve kterém se daná příčina poruchy vyskytuje. Cílem vyšetřování sluchového orgánu je nalézt vadu, zjistit její velikost, příčinu a umístění.

Při vyšetřování sluchu je třeba zohlednit zejména věk a způsobilost pacienta, do jaké míry je pacient schopen spolupracovat s vyšetřujícím lékařem.

### **2.3.2 Vyšetření vestibulárního ústrojí**

Lidský organizmus udržuje rovnováhu našeho těla pomocí tří vzájemně propojených ústrojí. Jedná se o ústrojí propioceptivní, vestibulární a zrakové. Následkem vzájemného propojení jednotlivých ústrojí je vytvořena složitá funkční jednotka, čímž je obtížné udržet (zajistit) správnou rovnováhu a proto je velmi obtížné provést vyšetření a následně vyhodnotit výsledky příčiny poruch rovnováhy. Při experimentálním vyšetření vestibulárního ústrojí napodobujeme podráždění či utlumení aparátu a současně sledujeme zejména nystagmus, který je základním objektivně sledovatelným projevem nerovnováhy.

Vestibulární systém sám o sobě není schopen rozeznat, zda se pohnula pouze hlava či celé tělo. Toto důležité posturální rozlišování je umožněno nervovými spojeními vestibulárního čidla a mozečku se svalovými vřetenky šíjových svalů a kloubními receptory krčních obratlů.

Podráždění z receptorů jsou vedena nervovými vlákny do prodloužené míchy a odtud jsou dále vedena k dalším jádrům prostřednictvím drah vestibulárních reflexních oblouků, které mají aferentní a eferentní vlákna.

Nejdůležitějšími reflexy jsou oblouk vestibulospinální, který má vztah k příčně pruhovanému svalstvu, oblouk vestibulookulární, oblouk vestibulovegetativní, kdy jsou impulsy vedeny k jádrům okohybných nervů, oblouk vestibulocerebelární a oblouk vestibulosenzorický, kdy dráhy směřují ke kůře centrální nervové soustavy CNS.

[1] [2] [7]

Různá speciální vyšetření nám umožňují získat informace o funkčním stavu vestibulárního systému, umožňují nám stanovit stupeň jeho poškození a součinnost s ostatními smyslovými orgány, které se také podílí na udržování rovnováhy. Takových vyšetření se provádí celé řada, například:

#### **2.3.2.1 Vyšetření nystagmu**

Při vyšetření nystagmu se zaznamenávají spontánní pohyby zavřených a také otevřených očí, ve tmě, při otáčení hlavy vpravo a vlevo. Vyšetření se provádí pomocí různých metod a různými způsoby. Používá se k diagnostice patologických stavů centrální nebo periferní vestibulární oblasti.

Zjišťování nystagmu se provádí tzv. očitým pozorováním a to pomocí určitých pravidel a postupů:

*Vyšetřovaný je umístěn do polohy vsedě a sleduje prst lékaře ve vzdálenosti 1 metr při pohledu přímém, při pomalém pohybování prstu a paže doprava a poté doleva. Totéž pro pohyb vzhůru a dolů. Pomocí této metody vyšetřujeme nystagmus spontánní.*

*Vyšetřovaný je umístěn také v poloze vsedě a hledí přímo, před očima má umístěny Frenzelovy brýle (+ 15 Dp) nebo Bartlesovy brýle (+ 20 Dp). Ve zvětšení a bez fixace určujeme spontánní a experimentální nystagmus.*

[2]

### **2.3.2.2 Vyšetření okulomotorických reakcí (oční pohyblivosti)**

Vyšetření okulomotoriky se provádí za účelem zjištění součinnosti vestibulární a zrakové funkce. Vyšetření se provádí ke zjištění patologických stavů především v okohybně soustavě a oblastech centrální nervové soustavy, zodpovědných za rovnováhu.

Mezi metody zaznamenávající okulomotorické reakce patří *elektronystagmografie* (ENG), která snímá změny elektrického potenciálu při pohybu očí pomocí snímacích elektrod a *videonystagmografie* (VNG), což je vyšetřovací metoda, při které vyšetřujeme oční pohyby za pomoci speciálních video kamer, které jsou umístěny ve video brýlích. Více v kapitole 4 Videonystagmografie.

**ENG (elektronystagmografie)** patří mezi základní metody vestibulárních vyšetření. Slouží nejen k vyšetření nystagmu, ale také k záznamu okulomotorických reakcí. Spočívá v grafickém záznamu nystagmu při odchýlení podélné osy oka.

Toto vyšetření můžeme provádět díky elektrické bipolaritě oka. Rohovka má náboj kladný, zatímco sítnice má náboj záporný. Pohyby očních bulbů při vyvolání nystagmu vzbudí změny v rozložení elektrického pole a elektrody, jež jsou umístěny poblíž oka, mohou registrovat změny elektrického potenciálu a také pohyby bulbů pomocí zapisovacího zařízení.

Zařízení pro toto vyšetření se skládá ze snímacích elektrod, předzesilovače a počítače, který slouží k automatickému zápisu a vyhodnocení jednotlivých parametrů ENG. Umístění elektrod na vyšetřovaného pacienta je znázorněno na Obr. 8. Při vyšetření můžeme použít dva nebo čtyři kanály pro sběr informací o očních pohybech.

Kanály, které můžeme při ENG vyšetření použít:

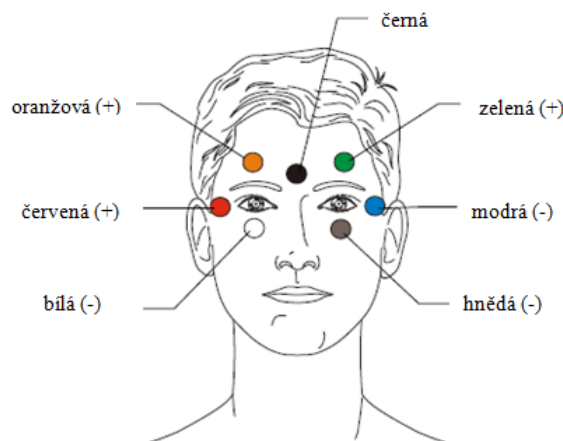
Horizontální vyšetření obou očí (HB)

Vertikální vyšetření pravého oka (VR)

Vertikální vyšetření levého oka (VL)

Horizontální vyšetření pravého oka (HR)

Horizontální vyšetření levého oka (HL)



**Obrázek 8** Umístění elektrod na pacienta pro ENG vyšetření [11]

Pomocí ENG a VNG je možné provést tato vyšetření:

**Vyšetření okulomotoriky (oční pohyblivosti)** viz výše.

**Kalorická zkouška** - jedná se o vyšetření očních pohybů, které jsou vyvolány stimuly. Tyto stimuly vznikají tak, že se provádí výplach zevních zvukovodů vodou o teplotě 30 ° C a 44 ° C. Stimulují se oba labyrinty najednou. Na základě výsledků této zkoušky lze vyvodit závěry o funkčním stavu periferní a centrální oblasti vestibulárního systému.

**Otáčivé zkoušky** - jedná se o vyšetření, při kterém se zaznamenávají pohyby očí, které vznikají při otáčení pacienta na speciálním otáčivém křesle. Vyšetření se provádí ke stanovení funkce vestibulárního systému působením různých úhlových zrychlení.

**Posturografie (stabilografie)** - tato metoda se používá k vyšetření funkce rovnováhy a k určení stavu vestibulárních reflexů. Vyšetření se provádí na pohyblivé plošině, která se pohybuje dle zadaného programu, přičemž pacient se snaží udržovat rovnováhu, nebo na pevné plošině, kdy se zaznamenává a analyzuje pohyb těžiště vyšetřovaného pacienta. Tato metoda umožňuje zkoumat součinnost zrakové, vestibulární a svalové soustavy při zjišťování rovnováhy.

### 2.3.3 Vyšetření vestibulookulárních jevů

Vestibulookulární jevy se vyšetřují a posuzují na základě výskytu nystagmu, který je základním objektivně sledovatelným projevem úzkých vztahů vestibulárního čidla a okulomotorického systému.

**Nystagmus** je rytmický, konjugovaný, kmitavý pohyb očních bulbů ze strany na stranu a shora dolů. Jedná se o kmity očí konané v určité rovině (druh Ny), určitým směrem (směr Ny), určitou frekvencí, určitou amplitudou a v určitém vztahu ke směru pohledu.

Nystagmický kmit se skládá ze dvou důležitých pohybových složek, které nám napomáhají k zjištění nystagmu. Jedná se o složku periferního původu *pomalou deviační*, která směřuje k méně aktivnímu labyrintu a o složku centrálního původu *rychlou návratnou (kompenzační)*, která vrací bulbus do výchozí polohy, podle ní je určován směr nystagmu.

Nystagmický kmit může být viditelný v bicím poli pomalé složky Ny nebo v bicím poli rychlé složky Ny.

[7] [1]

**U nystagmu popisujeme:**

- Formu – horizontální, vertikální, diagonální
- Směr, který je určován podle rychlé tzv. kompenzační složky nystagmu. Může být horizontální, vertikální, rotatorický, smíšený.
- Stupeň
  1. Stupeň (I.) – objevuje se jen při pohledu ve směru rychlé složky
  2. Stupeň (II.) – patrný i při pohledu přímém
  3. Stupeň (III.) trvá o při pohledu ke druhé straně. Nejméně častý.
- Frekvenci – rychlá, pomalá
- Amplitudu

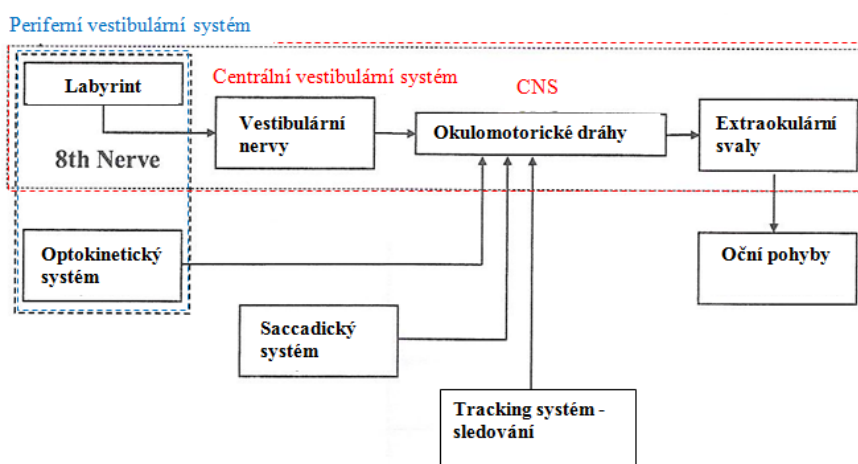


### 3 Videonystagografie (VNG)

Před několika desítkami let se vyšetření vestibulárního ústrojí provádělo výhradně pomocí vyšetřovací metody elektronystagografie (ENG). Přestože ENG stále slouží jako tzv. „zlatý standard“ ve vyšetřování jednostranného vestibulárního systému, nedovoluje nám tato vyšetřovací metoda dostatečně posoudit a vyšetřit poškození vestibulárních drah jako celku. Proto se v dnešní době používá především vyšetřovací metoda zvaná videonystagografie (VNG), která nám poskytuje řadu výhod oproti tradičním postupům. VNG je považována za nový standard ve vyšetřování poruch vnitřního ucha. Je to dáno především tím, že pomocí VNG měříme pohyby očí přímo, zatímco při ENG zaznamenáváme změny elektrických potenciálů při pohybech očí. Vyšetření videonystagografie je oproti elektronystagografii přesnější, konzistentní ale zejména komfortnější pro pacienta.

Videonystagografie (VNG) se jako vyšetřovací metoda používá z několika hlavních důvodů. Jedním z nich je absence vyšetřovací metody, která by byla schopna zajistit přímý přístup a vyšetření kostěného labyrintu či činnost vestibulárního nervu.

VNG je založena na měření a vyhodnocení **vestibulo-okulárního reflexu (VOR)** a na základě měření stimulovaných očních pohybů a okulomotorických drah. Funkcí vestibulo-okulárního reflexu je udržet jasnou vizi při pohybech hlavy a to vytvářením kompenzačních očních pohybů. Jedná se o kontrolní mechanismus očních pohybů.



Obrázek 9 Schéma vestibulo-okulární reflex (VOR)

Při pohybu hlavy dojde k podráždění periferní části vestibulárního ústrojí přesněji jednotlivých polokruhovitých kanálků v labyrintu. Postupně se podráždění šíří z labyrintu dvěma vestibulárními nervy do centrální části vestibulárního systému, kde stimulací vestibulárních nervů přenáší podráždění na okulomotorické jádra v centrální nervové soustavě, podráždění se dále přenáší na extraokulární svaly, které na základě podráždění dirigují oči k odpovídajícím pohybům. Zpětnou vazbou jsou systémy, pomocí kterých zaznamenáváme oční pohyby, viz Obr. 9.

Dalším využitím VNG je vyšetření vnitřního ucha, centrálních motorických funkcí, k zaznamenání okulomotorických reakcí a k určení, zda se mohou závratě a problémy s rovnováhou pacienta, jež jsou častým a běžným problémem, vyskytovat v důsledku poruchy ve vnitřním uchu. Pokud není závrat' způsobena poruchou ve vnitřním uchu, může být příčina v některé části mozku, v nervech vedoucích do mozku, příčinou mohou být také zdravotní problémy, jako jsou nízký krevní tlak, psychické problémy (úzkost, stres) nebo problémy s krční páteří apod.

Slouží k záznamu normálních pohybů očí a k záznamu mimovolních rychlých očních pohybů tzv. nystagmu, což jsou nedobrovolné vůlí neovladatelné kmity (pohyby) očí charakteristické šubáním očí z jedné strany na druhou, nahoru dolů. Jedná se o kompletní diagnostický systém pro nahrávání, analýzu a identifikaci mimovolních rychlých očních pohybů za použití speciální zobrazovací video- technologie, která se skládá ze specifických video brýlí VG40 ze softwaru ICS Chartr 200 VNG/ENG, hardwaru ICS Chartr 200 a ze světelného panelu.

### **VNG vyšetření**

VNG vyšetření se skládá ze tří hlavních stěžejních vyšetřovacích částí. Jedná se o tyto:

**Oční a optokinetické vyšetření** může signalizovat centrální či neurologický problém nebo problém na cestě, která spojuje vestibulární systém s centrální nervovou soustavou. Toto vyšetření je složeno z dílčích testů a to test saccade, tracking, optokinetický a gaze test.

**Poziční vyšetření (testování nystagmu)** se používá ke kontrole a vyšetření systému vnitřního ucha.

**Kalorické vyšetření** hodnotí práci vestibulárního systému každého ucha zvlášť a jejich schopnost reagovat na podněty. Jedná se o jediný test, který může rozlišit, zda se jedná o vestibulární deficit jednostranný nebo oboustranný.

### **Princip vyšetření VNG**

Princip vyšetření je takový, že na základě vizuálních podnětů zobrazených pacientovi na světelném panelu, které sleduje speciálními video brýlemi, snímáme oční pohyby vyšetřovaného pacienta v závislosti na pohybech vizuálního cíle.

Oční bulvy snímají určitý vizuální podnět a na základě odpovídajících očních pohybů dochází ke snímání obrazu prostřednictvím speciálních infračervených kamer, umístěných ve video brýlích. Vzniká tak určitý vlnový průběh o určité frekvenci a amplitudě, odpovídající daným pohybům a reakcím na vizuální podněty.

### **3.1 Přístroj ICS Chartr 200**

Jednou z nejdůležitějších částí pro VNG vyšetření je diagnostický přístroj ICS Chartr 200 od firmy GN Otometrics, jenž představuje komplexní a přenosné zařízení. Jedná se o systém, který slouží k měření, záznamu, zobrazení a především k vyšetření sluchově-rovnovážného ústrojí. Umožňuje snadné nahrávání, přehrávání a přenos vysoce kvalitních videosekvencí v digitální podobě.

Prostřednictvím systému lze provádět všechny standardní vestibulární testy jako ENG či VNG a taktéž analýzu či interpretaci výsledků a to pomocí tzv. vestavěného asistenta Interpretation Assistant™, který přístroj obsahuje.

Jedná se o unikátní algoritmus, který nám usnadňuje práci s výsledky měření a to díky tomu, že umožňuje automatické a přesné vyhodnocení naměřených výsledků vyšetřovaných pacientů. Analýza se provádí přímo v programu ICS Chartr VNG a spouští se klávesou F12 nebo tlačítkem na spodní liště s názvem *Analysis*. Výsledky analýzy jsou taktéž zobrazeny ihned pod grafickými výsledky měření.

Reálné fotografie přístroje ICS Chartr 200 jsou zobrazeny v příloze, viz příloha č. 2.

### **Technická data**

Propojení přístroje ICS Chartr 200 k PC je realizováno pomocí USB rozhraní a napájení prostřednictvím AC/DC adaptéru typu FW7362M/15. Parametry vstupu 100-240 VAC / 50-60 Hz / 700 mA a výstupu 15V DC / 2A.

Napájení je dále realizováno prostřednictvím isolačního oddělovacího transformátoru od firmy GN Otometrics A/S. Jedná se o bezpečnostní prvek, který slouží ke galvanickému oddělení elektrických obvodů přístroje od elektrické distribuční sítě. Každé zdravotnické elektrické zařízení musí tento prvek obsahovat, slouží k ochraně pacienta před případnými nebezpečnými elektrickými výboji a následným popáleninám.

Přístroj musí být umístěn co nejdále od dalších elektromagnetických zařízení (EMC), aby nedošlo k vzájemnému rušení daných přístrojů a tedy k ovlivňování naměřených výsledků.

### **Možnosti systému**

**Vstupy:** možnost snímání obou očí/ 4 vstupy (kanály), při plném binokulárním vyšetření dochází k současnému sběru signálů (dat) z obou vyšetřovaných očí.

**Spojení:** DC (stejnoseměrné)

**Rozlišení:** průměrně okolo 0.1° (horizontální, vertikální)

**Linearita:** 1% rozsahu horizontální, 1,2 % rozsahu vertikální

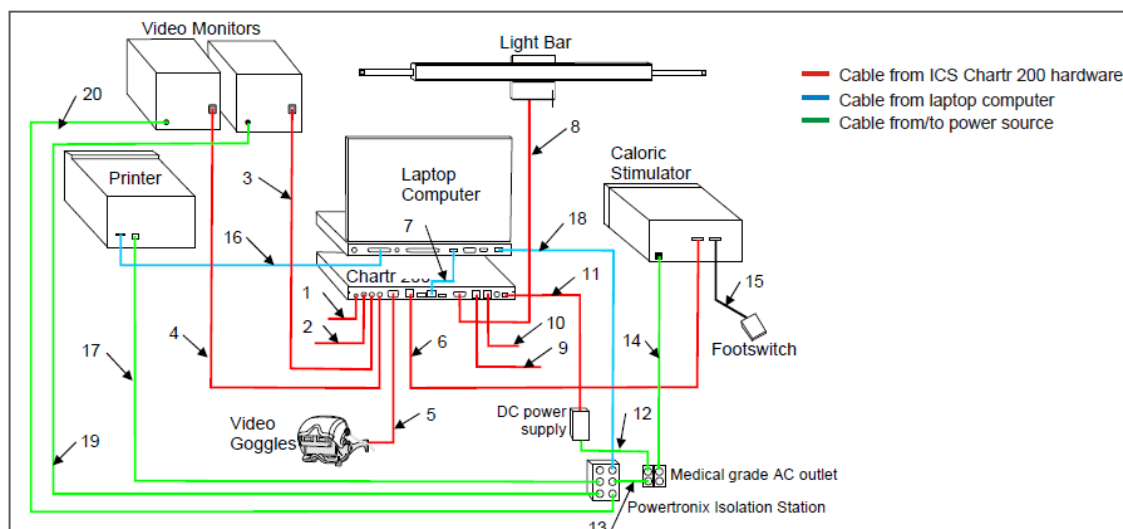
**Vzorkovací frekvence** (rychlost snímání): 60 Hz pro všechna vyšetření

**Rozsah sledování:** +/- 30°

**Software:** grafické uživatelské rozhraní systému Windows, SW pro analýzu, databáze uložených výsledků měření

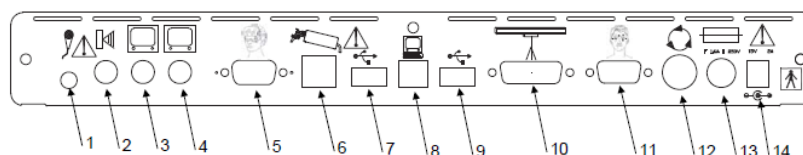
**Váha:** 2.7 kg

## Schéma zapojení



**Obrázek 10** Schéma zapojení [11]

Na Obr. 10 je znázorněno propojení jednotlivých částí sestavy pro VNG vyšetření. Propojení pomocí červených kabelů znázorňuje spojení HW přístroje ICS Chartr 200 s dílčími částmi, jako jsou video brýle, světelný panel případně video monitory. Propojení znázorněné modrými kabely označuje spojení PC s HW, tiskárnou a oddělovacím isolačním transformátorem. Propojení znázorněné zelenými kabely označuje vedení kabelů ze sítě či do sítě. Na obrázku jsou také znázorněné další části, jako kalorický stimulátor a nožní spínač, které slouží ke kalorickému vyšetření.



**Obrázek 11** Zapojení a propojení s přístrojem ICS Chartr 200 [11]

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| 1 audio vstup                                  | 11 Pacientský kabel            |
| 2 audio výstup                                 | 12 Loopback zkušební přípravek |
| 3 zapojení levého monitoru (video výstup)      | 13 Pojistka napájení           |
| 4 zapojení pravého monitoru (video výstup)     | 14 DC vstup                    |
| 5 Video brýle VG 40                            |                                |
| 6 Kalorický stimulátor pro kalorické vyšetření |                                |
| 7 USB  |                                |
| 8 PC   |                                |
| 9 USB  |                                |
| 10 Světelný panel                              |                                |

### 3.2 Video brýle VG40

Ke sledování a snímání očních pohybů se používají speciální video brýle od firmy GN Otometrics s označením VG40. Tyto speciální video brýle obsahují šest LED diod, dvě infračervené LED diody, infračervené diachronické zrcátko a dvě infračervené kamery, jež jsou umístěny nad každým okem na obou stranách. Jsou umístěny tak, aby byly schopny snímat pohyby obou očí zároveň. Již zmíněné LED diody a infračervené LED diody jsou umístěny pod každým okem na obou stranách a slouží k řádnému osvětlení obou očí, umožňují tak záznam očních pohybů v úplné tmě či za šera a v případě, kdy je kryt brýlí uzavřen. Reálné fotografie brýlí VG40 jsou umístěny v příloze, viz příloha č. 5.

Díky odklonu obrazu (světelného paprsku) od infračerveného zrcadla, kamery zaznamenávají video obraz očí a přenášejí tyto video obrazy k dalšímu zpracování do systému pro analýzu videa.

K vyšetření můžeme použít buď jednu, nebo dvě video kamery. V případě užití pouze jedné kamery můžeme zaznamenat horizontální a vertikální pohyby pouze jednoho vyšetřovaného oka. Pokud použijeme obě video kamery, můžeme pozorovat nejen horizontální a vertikální pohyby obou očí zároveň či samostatně, ale můžeme také získat průměrné hodnoty vertikálních a horizontálních očních pohybů.

Nevýhodou systému je absence pozorování a vyšetření torzních očních pohybů.

#### Technická data

**Rozlišení horizontálního a vertikálního měření:**  $0.4^\circ$

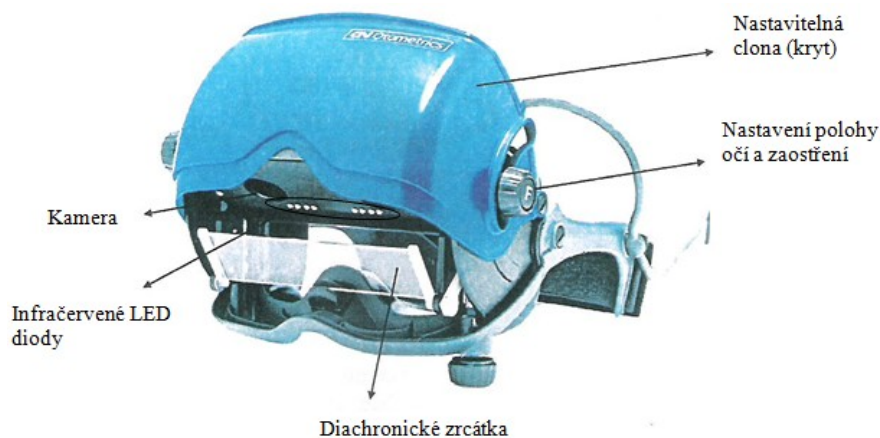
#### Video kamery

**Odchozí signál:** monochromatický NTSC

**Velikost obrazu senzoru:**  $\frac{1}{4}$ "

**Rozlišení:** 320 x 240 pixel (horizontální x vertikální)

**Snímkovací frekvence:** 60 Hz



**Obrázek 12** Video brýle VG40 [10]

### 3.2.1 Umístění video brýlí na vyšetřovaného pacienta

Před umístěním video brýlí na pacienta je důležité dbát na čistotu video brýlí.

Pacienta umístíme do vyšetřovacího křesla a poprosíme ho, aby si video brýle umístil na oči. Poté utáhneme zadní a horní popruh, které slouží k fixaci brýlí. Je důležité, aby se pacient cítil uvolněně, aby mohl stále dýchat a aby pacienta video brýle nikde netlačily a naopak nepadaly. Správné umístění video brýlí je znázorněno na Obr. 13.



**Obrázek 13** Umístění video brýlí na pacienta [10]

### 3.2.2 Údržba (čištění) video brýlí

Správná péče a údržba video brýlí zahrnuje převážně dezinfekci té části brýlí, která je v přímém kontaktu s pacientovou kůží. Čištění a dezinfekce se provádí vždy před umístěním brýlí na pacienta, vždy před začátkem nového vyšetření. Je rozdíl v tom, kterou část video brýlí čistíme a ošetřujeme, každá část se ošetřuje jiným způsobem.

Čištění a dezinfekce jednotlivých částí video brýlí:

- Měkká „podložka“ ve spod brýlí, která je vždy v kontaktu s pacientem, zabraňuje otlakům z brýlí. Čistí se pomocí navlhčeného hadříku, který nesmí obsahovat alkohol, nebo pomocí speciálního roztoku.
- Plocha diachronického zrcátka se čistí pomocí hadříku k použití na čištění čoček, kterými jsou brýle vybaveny. Musí se dbát zvýšené opatrnosti při čištění a dezinfekci této části brýlí, jelikož by mohlo dojít k poškození povrchu zrcátek, což by mělo vliv na správné vyšetření.
- Objektivy (čočky) video kamer umístěných v brýlích zřídka kdy vyžadují čištění, pokud jsou brýle ukryty v ochranném pouzdře. Pokud tomu tak není, je třeba je vyčistit a to vlhkým vatovým tampónem. Nikdy nesmíme objektivy otírat suchým hadrem, mohlo by dojít k poškrábání a následnému zničení zrcadlového povrchu.
- Ochranné pouzdro na brýle je vyrobeno z lisového PVC materiálu. Čistí se vlhkým hadříkem, který je navlhčený jemným mycím prostředkem a vodou. Nikdy nepoužíváme žádný sprej na čištění, mohlo by dojít ke kontaminaci elektroniky nebo optiky, která je v brýlích obsažena.

[10][11]

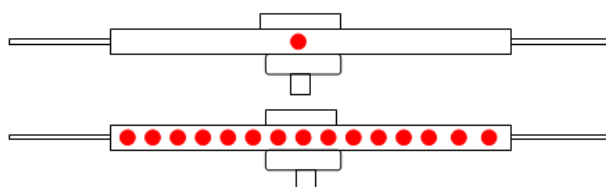
### 3.3 Světelný panel

Světelný panel slouží k zobrazení vizuálních podnětů (cílů), které stimulují pacienta k odpovídající reakci. Vizuálními podněty jsou obvykle červené tečky, vytvořeny na světelném panelu pomocí LED diod, z kterých je světelný panel složen, jsou uspořádány v určitém vzoru, určitém množství a jsou aktivovány na základě zvoleného testu.

Poskytuje vizuální podněty pro testy saccade, tracking a gaze. V současné době není, schopen poskytnout odpovídající optokinetický stimul (podnět), ale je dostačující k provedení optokinetického vyšetření.

Světelný panel je polohovatelný, lze jej umístit do vodorovné či svislé pozice dle probíhajícího testu. Je umístěn obvykle na zdi ve vzdálenosti 1,2 m od vyšetřovaného pacienta. Prostřednictvím programu ICS Chartr VNG lze nastavit individuální parametry světelného panelu jako volba směru pohybu vizuálních cílů, jas a kontrast.

Reálné fotografie světelného panelu a jeho umístění jsou zobrazeny v příloze, viz příloha č. 4.



**Obrázek 14** Světelný panel a zobrazení vizuálních cílů

## 4 Vyšetření VNG

Před začátkem každého vyšetření je důležitá nejen příprava pacienta, ale také příprava přístroje a to zejména kalibrace.

### 4.1 Kalibrace

Kalibrace se nemusí provádět před začátkem každého nového vyšetření, pokud však nedojde k pohybu již nastavených video kamer ve video brýlích. Míní se tím tedy zejména kalibrace nového přístroje či přístroje po opravě.

Cílem kalibrace je výpočet tzv. konverzního neboli převodního faktoru mezi měřenými parametry a pohyby očí. Při kalibraci, která je závislá zejména na vzdálenosti kamery od očí, dochází k převodu jednotek z kamer do systému souřadnic očí.

#### **Postup při kalibraci:**

Umístíme pacienta do předepsané vzdálenosti od světelného panelu, standardní vzdálenost je dle uživatelského manuálu uváděna jako 1,2 m. Dalším krokem je nastavení vizuálního cíle na světelném panelu. Pohybujeme vizuálním cílem na panelu ručně nebo nastavením v počítači tak, abychom dosáhli předepsané amplitudy grafické křivky, odpovídající měřeným očním pohybům. Požádáme pacienta, aby se takto nastaveným vizuálním cílem řídil a sledoval ho. Posléze nastavíme nahrávací systém (video kamery) tak, aby pohyby očí odpovídaly standardním předepsaným očním pohybům.

### 4.2 Pokyny před vyšetřením pacienta

Před každým vyšetřením pacienta je důležitá jeho samotná příprava na vyšetření. Vyšetřující lékař musí pacienta poučit a požádat ho, aby dva dny před vyšetřením dodržel následující instrukce:

1. Neužívat aspirin nebo nějaký jiný lék, který obsahuje aspirin.
2. Nepožívat alkohol ani žádný lék, obsahující alkohol.
3. Vysadit všechny léky dva dny před vyšetřením, jako jsou léky na alergii, léky na spaní, hormony, vitamíny, bylinky. Pacient však nemusí vysadit léky, které užívá na srdíčko, krevní tlak či diabetes (cukrovka).
4. V den vyšetření neužít žádný nápoj nebo léky, které obsahují kofein (káva, čaj, energetické drinky).
5. Nejíst „pevnou“ stravu dvě hodiny před vyšetřením.
6. Mít pohodlné oblečení.
7. Nemít make-up v průběhu testu, dochází ke špatnému zaostření zornic a tudíž ke zkresleným výsledkům.
8. Před vyšetřením vyjmout kontaktní čočky.



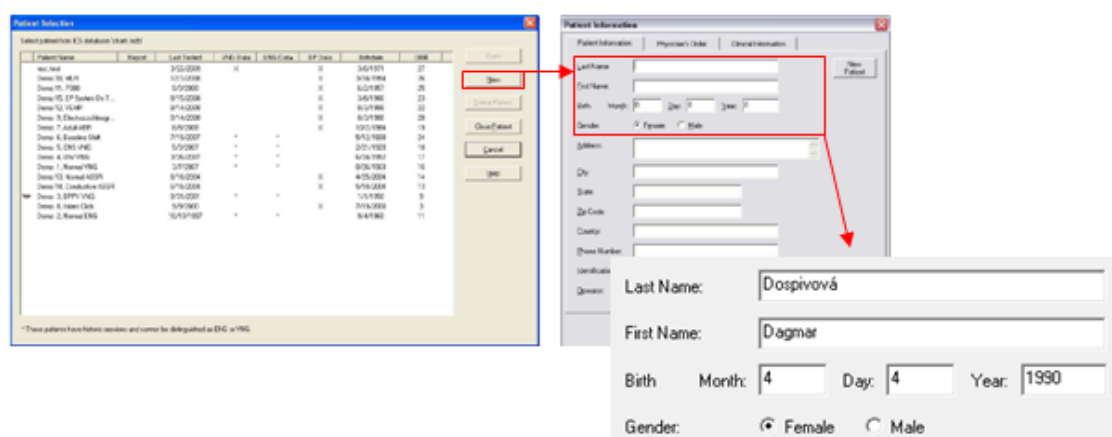
### 4.3 Příprava pacienta, přístroje v ordinaci lékaře před zahájením vyšetření

Pokud jsou dodrženy požadované instrukce, přístroj správně zkalibrován a připraven, můžeme přistoupit k přípravě pacienta na vyšetření v ordinaci lékaře.

VNG vyšetření se provádí v odhlučněné místnosti nejlépe bez oken, s dostatečným větráním a prostorem se světelným vybavením.

Po příchodu pacienta do ordinace jej umístíme do vyšetřovacího křesla a vysvětlíme mu, o jaké vyšetření se jedná a co může očekávat. Dle přesných pokynů a požadavků na něj umístíme video brýle a spustíme program ICS Chartr VNG.

Po spuštění programu se zobrazí databáze VNG výsledků jednotlivých pacientů viz Obr. 15. Vyšetřujeme-li nového pacienta, který v databázi není uložen, stiskem tlačítka **New** v databázi pacientů a vyplněním jeho základních osobních údajů jej do databáze vložíme. Pokud bychom daného pacienta nevložili, vyšetření by nebylo možné spustit. Vyšetřujeme-li pacienta, který je v databázi již uložen, stačí jej dle příjmení v databázi nalézt a otevřít jeho již proběhlá měření, která si můžeme také kdykoliv prohlédnout nebo je opakovat.



Obrázek 15 Databáze pacientů a vložení nového pacienta

Po zvolení vyšetřovaného pacienta se zobrazí hlavní pracovní prostředí programu ICS Chartr VNG, ve kterém provedeme kontrolu video obraz snímaných očí a nastavení důležitých parametrů. Pracovní prostředí je zobrazeno na Obr. 9 a 10 příloha č. 1. Tato kontrola se provádí v záložce nastavení videa *Video Adjustments*, kde nastavujeme parametry videa, polohu a umístění zornic.

Zornice musí ležet ve stejné horizontální rovině a musí být umístěny v centru zájmu (v zeleném čtverci, viz Obr. 16), jako jediné by měly být jedinou oblastí, jež je pokrytá modrou barvou. Je důležité správně umístit zornice a správně nastavit a přizpůsobit jednotlivé parametry snímaným očím, proto je níže popsán přesný postup nastavení video obrazu snímaných očí.

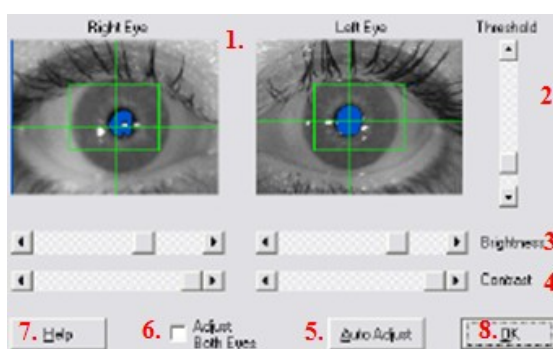
Nastavení, úprava polohy zornic a jednotlivých parametrů se provádí přímo v záložce nastavení videa jednoduše posunem myši, nebo pomocí popruhů, jež jsou umístěny na video brýlích. Míni se tím horní a dolní popruh, jejichž utáhnutím může dojít ke stabilizaci obrazu.

Poslední možností nastavení je úprava pomocí tří otočných koleček („knoflíků“), umístěných přímo na video brýlích. Popis funkcí jednotlivých otočných knoflíků je popsán níže.

#### 4.3.1 Postup nastavení video obrazu snímaných očí před započítím měření v záložce Video Adjustments (nastavení videa)

Můžeme provádět monokulární nebo binokulární vyšetření, což znamená, že můžeme provést vyšetření pouze jednoho oka zvlášť nebo obou očí zároveň. Z toho důvodu je nutné provést nastavení video obrazu a jednotlivých parametrů pro každé oko zvlášť.

1. Zkontrolujeme umístění zornic. Zornice musí ležet ve stejné horizontální rovině, musí být umístěny v zeleném čtverci a pokryté modrou barvou. Pokud tomu tak není, provádí se úprava nastavení podle výše zmíněných kroků a možností.
2. Nastavení hodnoty threshold, která udává prahovou hodnotu video obrazu.
3. Nastavení jasu.
4. Nastavení kontrastu.
5. Je zde možnost automatického nastavení.
6. Po zaškrtnutí tlačítka **Adjust Both Eyes**, dojde k synchronizaci nastavení parametrů obou očí. Jedná se o nastavení obou očí zároveň.
7. Náповěда. Pokud si nevíte s jednotlivými kroky rady, využijte náповěду.
8. Po nastavení všech požadovaných parametrů, stisk tlačítka OK.



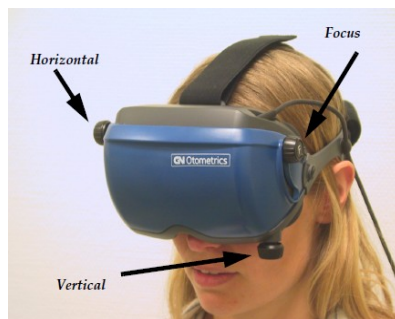
Obrázek 16 Správné umístění zornic, nastavení videa a jednotlivých parametrů

#### Nastavení video obrazu pomocí tří otočných knoflíků na video brýlích:

**Horizontální (vodorovný) knoflík** je označen písmenem H, je umístěn na pravé straně brýlí a slouží k nastavení vzdálenosti mezi očima. Umožňuje také pohyb video kamer horizontálně s tím snímání obou očí. Tuto vzdálenost je potřeba upravit, v případě, že má pacient umístěny oči blízko u sebe nebo naopak daleko od sebe.

**Knoflík zaostření FOCUS** je označen písmenem F, je umístěn na horní levé straně brýlí a slouží k zaostření kamer a tedy k zaostření obrazu videa. Používáme v případě, že má pacient hluboko posázené oči nebo naopak vystupující oči.

**Vertikální (svislý) knoflík** se označuje písmenem V a slouží k nastavení kamer, lze je posunout nahoru nebo dolů. Vertikální vzdálenost je nejběžnějším nastavením v případě, že je třeba doladit umístění zornic v daném poli.



**Obrázek 17** Umístění otáčivých „knoflíků“ pro nastavení video brýlí [10]

## 5 Vyšetřovací testy, analýza

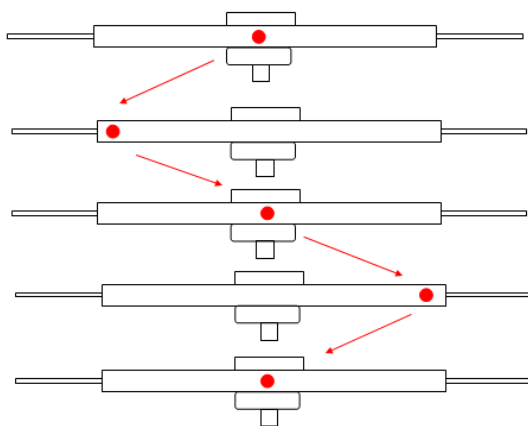
Po správné přípravě pacienta v ordinaci lékaře a po správném nastavení nejen video brýlí, ale také přístroje ICS Chartr 200 ENG/VNG a programu ICS Chartr VNG, můžeme přistoupit k samotnému vyšetření.

Oko má šest zevních okohybných svalů, které pohybují bulbem ve svislé, vodorovné, příčné a šikmé ose. Lze tak rozlišit několik typů očních pohybů a díky tomu se VNG optokinetické vyšetření skládá ze čtyř dílčích testů, které se liší zejména způsobem stimulace, tedy vzhledem a počtem vizuálních cílů a také délkou trvání jednotlivých testů.

### 5.1 Saccade test

Cílem tohoto testu je vyšetření schopnosti pacienta dělat rychlé oční pohyby a rychle reagovat. Jedná se o test oční pohyblivosti, pomocí kterého hodnotíme rychlé a pomalé trhavé oční pohyby a schopnost pacienta reagovat na změnu rychlosti, místa a směru. Pomocí testu saccade můžeme nalézt centrální nebo neurologickou poruchu, případně poruchu v nervové dráze, která spojuje vestibulární ústrojí spolu s centrální nervovou soustavou.

Vyšetřovaný pacient je umístěn ve vyšetřovacím křesle a na světelném panelu sleduje vizuální cíl, kterým je jedna červená tečka. Vizuální cíl mění v určitých časových intervalech svou pozici. Na začátku měření je umístěn uprostřed, následně vlevo a poté vpravo viz Obr. 18. Měření a sběr dat trvá přibližně celou jednu minutu.

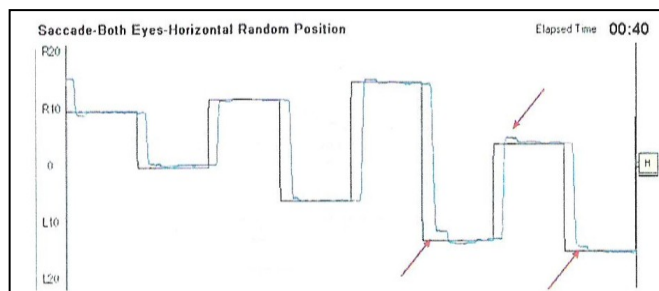


Obrázek 18 Znázornění vizuálních podnětů na světelném panelu

#### 5.1.1 Výsledky

##### Výsledky normálního zdravého pacienta

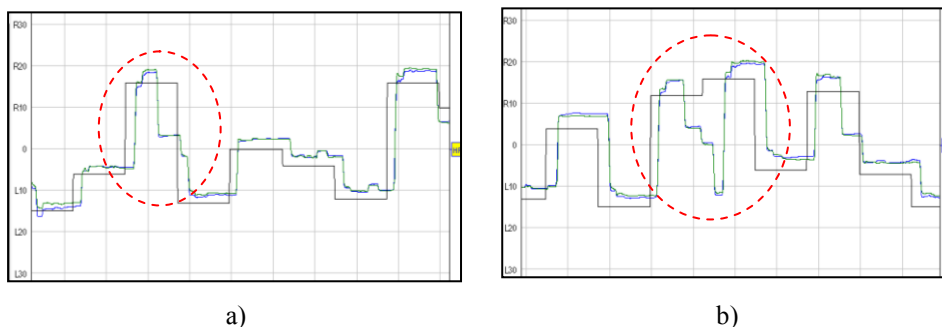
Výsledkem testu saccade je grafický průběh znázorňující trhavé oční pohyby vlivem skokové změny pozice vizuálního cíle. Vzorový grafický průběh normálního (zdravého) pacienta je zobrazen na Obr. 19. Modrá křivka, která znázorňuje měřený průběh pacienta, zcela kopíruje tvar černé předepsané křivky. Šipky, které jsou na obrázku znázorněny, označují nerovnosti, které jsou vytvořeny z důvodu konzistentních (stejných) a opakovatelných vzorků. Většinou se nejedná o artefakty.



**Obrázek 19** Výsledek normálního zdravého pacienta [12]

### Patologické výsledky

Abnormální neboli patologické výsledky jsou znázorněny na Obr. 20. Vyšetřovaný pacient značně přetahuje v krajních hraničních polohách a to v případě pravého i levého oka. Největší patologie, jež jsou znázorněny červenou elipsou, odpovídají neschopnosti pacienta soustředit se. Vyšetřovaný pacient není schopen udržet přímý pohled na vizuální cíl a periferně vyhlíží další polohu vizuálního cíle, proto je na druhém obrázku viditelný „podkmit“.

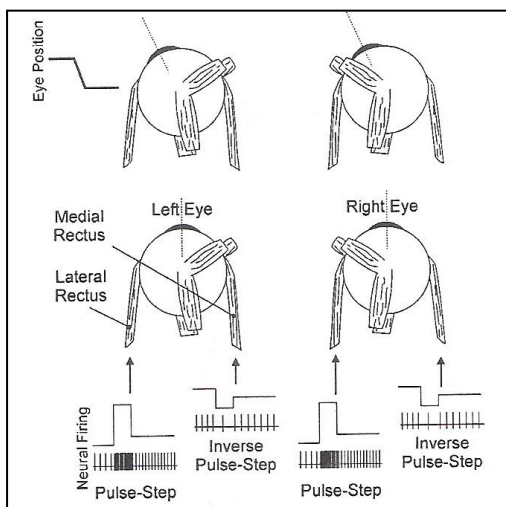


**Obrázek 20** Výsledky patologického pacienta

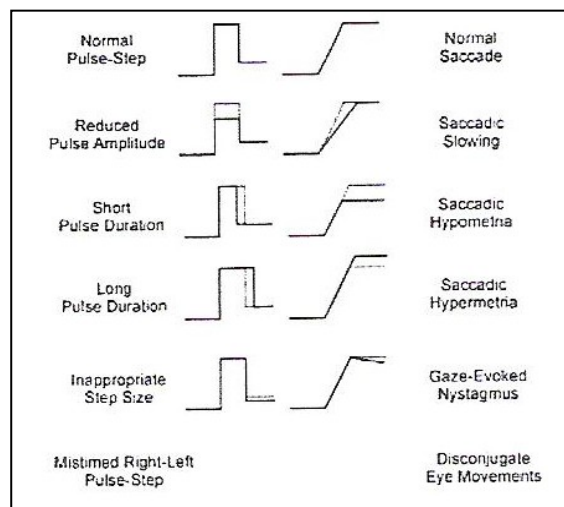
### 5.1.2 Analýza dat

Analýza získaných (naměřených) grafických průběhů se provádí ze znalosti normální fyziologie a z přiložené tabulky tvarů, které se mohou v grafickém průběhu vyskytovat, viz Obr. 21 a 22.

Jednotlivé úseky grafických záznamů odpovídají činností dvou okohybných svalů, jedná se o musculus medial rectus a musculus lateral rectus. Přičemž z obrázku je patrné, že m. medial rectus udává inverzní krokový puls, tedy dobu mezi jednotlivými body, které znázorňují změny pozice vizuálního podnětu a m. lateral rectus udává krokový puls v nejvyšším bodě, tj. v bodě, který znázorňuje sledování vizuálního cíle v jedné aktuální pozici.



**Obrázek 21** Normální fyziologie [12]



**Obrázek 22** Rozlišení možných tvarů křivek a jejich vyhodnocení [12]

Prostřednictvím interpretačního vestavěného asistenta, který software obsahuje, měří počítač tři důležité parametry, na jejichž základě se výsledný grafický průběh analyzuje. Jedná se o přesnost trhavých pohybů, latenci a rychlost. Analýza se spustí stisknutím klávesy F12 nebo stisknutím tlačítka analýza (*analysis*) na spodní liště funkčních tlačítek. Analyzuje se grafický naměřený průběh každého oka zvlášť, grafickému průběhu pravého oka odpovídá modrá křivka a grafickému průběhu levého oka křivka zelená.

#### a) Analýza z hlediska latence

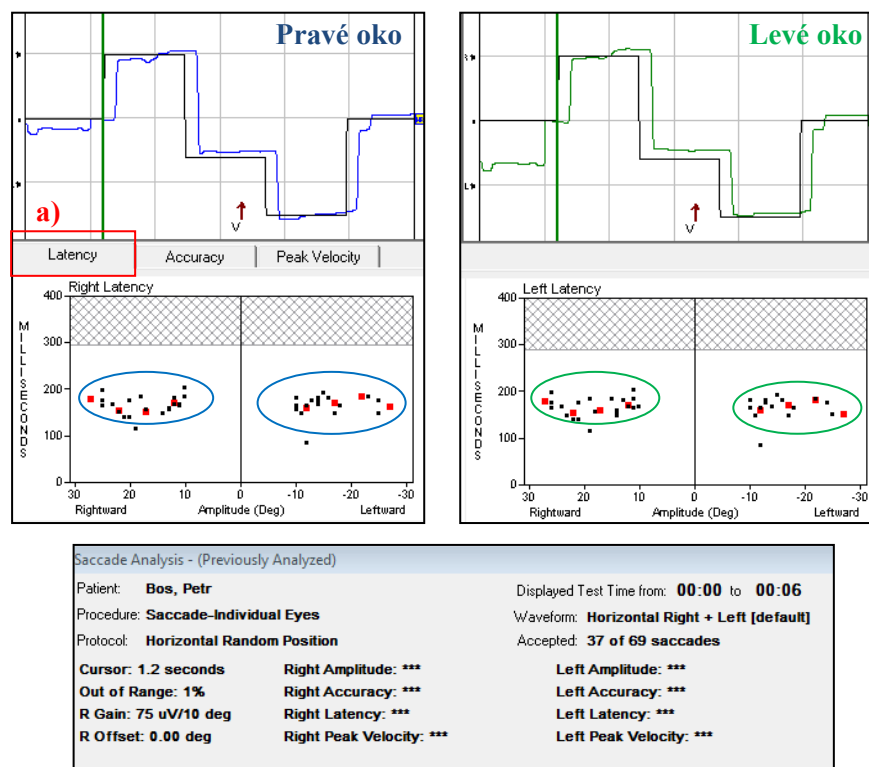
Pojem latence vyjadřuje tzv. časovou prodlevu mezi iniciací jevu a jeho viditelným projevem. Výsledky normálního (zdravého) pacienta jsou znázorněny na Obr. 23.

Analýza se provádí pro naměřený průběh každého oka zvlášť, průběhu levého oka odpovídá zelená křivka a průběhu pravého oka křivka modrá.

Latence se hodnotí především vizuálně dle umístění jednotlivých bodů, které charakterizují odpovědi na obdržené podněty a které svým umístěním vytváří tzv. shluk bodů, viz červená elipsa na Obr. 23. Body, které leží mimo elipsu, jsou tzv. odchylky.

Další parametry, jež se hodnotí, jsou zobrazeny v okně umístěném pod měřenými průběhy a tabulkami s výsledky. Hodnotí se **počet akceptovaných (přijatých)** odpovědí, v našem případě je počet přijatých odpovědí 37 z 69, což je velice málo, ale důvodem je nedokončený test. Test jsme spustili pouze na několik sekund a nedokončili jsme jej. Dále se hodnotí **kurzor**, kterým je zelená rovná čára, jež je umístěna v grafickém průběhu a udává časovou hodnotu na jeden dílek, v našem případě 1,2 s. Dalším důležitým parametrem je hodnota **Out of range**, která označuje výchylku naměřeného průběhu od standardního průběhu, v našem případě pouze 1 %, což je v pořádku. Parametr **R gain** označuje napěťovou úroveň, tedy interval změny polohy vizuálního cíle, v našem případě 75  $\mu\text{V}/10^\circ$ .

Výsledky zobrazené na Obr. 23 odpovídají standardu, jedná se tedy o výsledky normálního pacienta, jelikož všechny odpovědi na obdržené podněty se shlukují do velké elipsy (modrá a zelená elipsa viz Obr. 23). Není patrné velké množství odchylek s výjimkou dvou, což je zcela v normě.

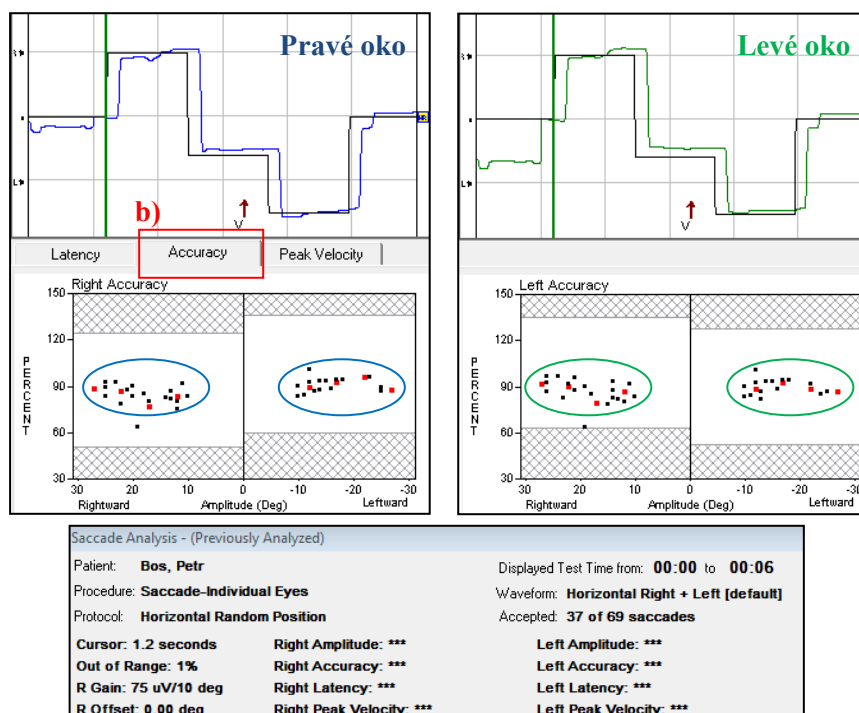


Obrázek 23 Analýza výsledků z hlediska posuzování latence

## b) Analýza z hlediska přesnosti trhavých očních pohybů

Analýza z hlediska přesnosti trhavých (sakadických) očních pohybů se provádí stejným způsobem jako analýza z hlediska latence, tedy pro naměřený průběh každého oka zvlášť, přičemž průběhu levého oka odpovídá zelená křivka a průběhu pravého oka křivka modrá viz Obr. 24. Přesnost se hodnotí zejména vizuálně dle umístění jednotlivých bodů, které znázorňují odpovědi na obdržené podněty. Tyto body se shlukují a vytvářejí útvar elipsy, viz Obr. 24. Body, které leží, mimo elipsu jsou tzv. odchylky.

Výsledky zobrazené na Obr. 24 odpovídají standardu, jedná se tedy o výsledky normálního pacienta, jelikož všechny odpovědi na obdržené podněty se shlukují do velké elipsy (modrá a zelená elipsa viz Obr. 24). Není patrné velké množství odchylek s výjimkou dvou, což je zcela v normě.



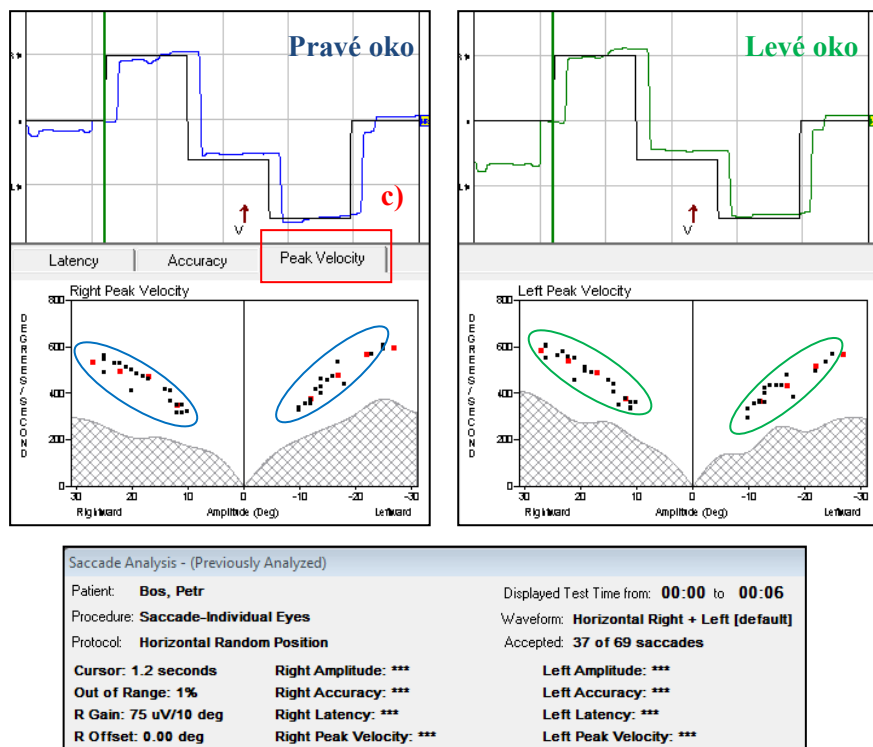
Obrázek 24 Analýza výsledků z hlediska posuzování přesnosti

### c) Analýza z hlediska rychlosti (peak velocity)

Analýza z hlediska rychlosti se provádí stejným způsobem jako analýza z hlediska latence a přesnosti, tedy naměřenému průběhu pro každé oko zvlášť, přičemž průběhu levého oka odpovídá zelená křivka a průběhu pravého oka křivka modrá viz Obr. 25. Rychlost se hodnotí zejména vizuálně dle umístění jednotlivých bodů, které znázorňují odpovědi na obdržené podněty. Tyto body se shlukují, leží v bílé oblasti a vytvářejí útvar elipsy, viz Obr. 25. Body, které leží, mimo elipsu v šedé šrafované oblasti jsou tzv. odchylky.

Výsledky zobrazené na Obr. 25 odpovídají standardu, jedná se tedy o výsledky normálního pacienta, jelikož všechny odpovědi na obdržené podněty se shlukují do velké elipsy (modrá a zelená elipsa viz Obr. 15). Není patrné velké množství odchylek s výjimkou dvou, což je zcela v normě.

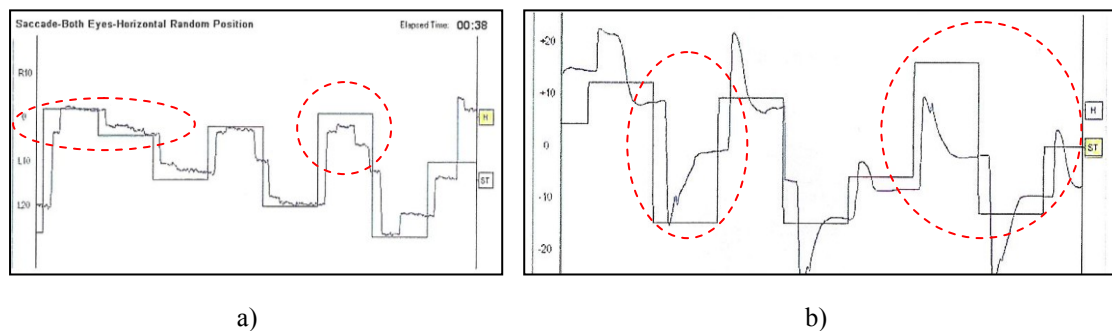




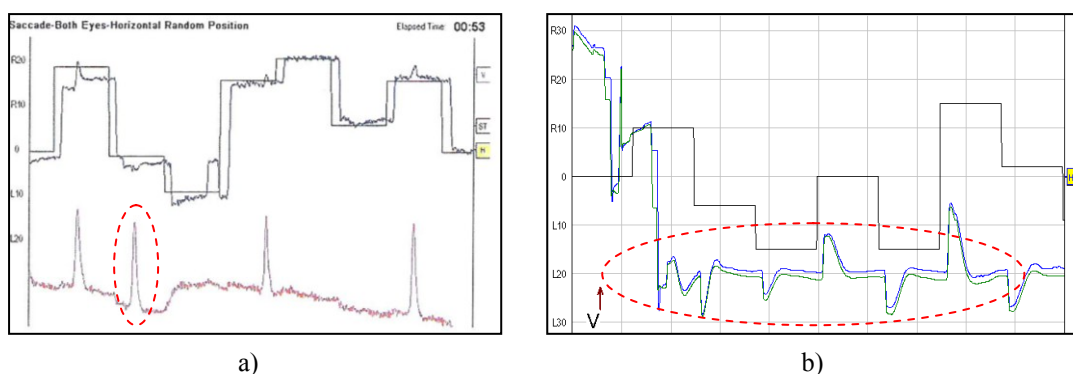
Obrázek 25 Analýza výsledků z hlediska posuzování rychlosti

### 5.1.3 Artefakty

Artefakty představují mimo jiné ztrátu informací o daném vzorku a mohou být způsobeny špatným mechanismem sběru dat nebo elektronickým zpracováním signálů. Je důležité se jim vyvarovat, protože znehodnocují námi naměřené výsledky a projevují se formou šumů a překmitů, jež jsou na jednotlivých ukázkách znázorněny červenou elipsou. Červená křivka označuje vertikální pohyb očí a křivka modrá označuje pohyb horizontální. V měření testu saccade se mohou objevit artefakty, které způsobí např. pohyb pacienta, mrkání či špatná kalibrace přístroje.



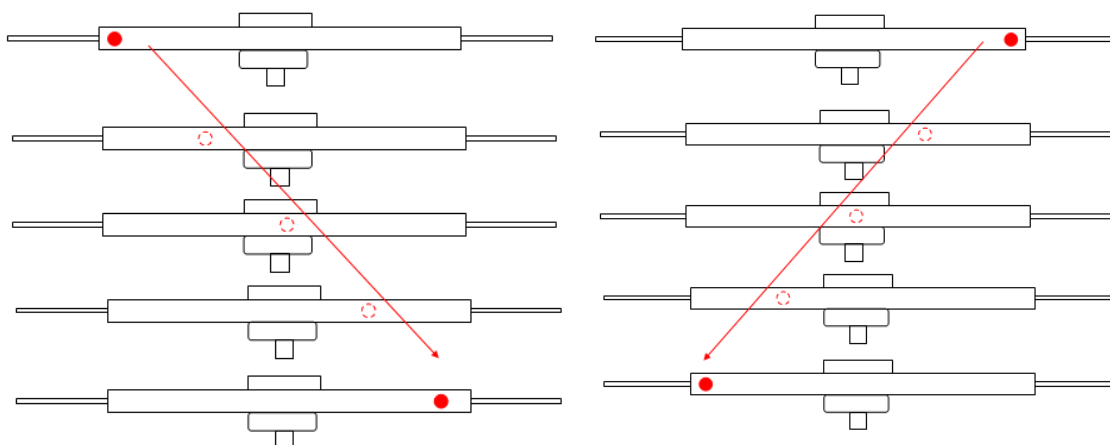
Obrázek 26 Artefakty a) špatná kalibrace přístroje b) špatná vzdálenost vyšetřovacího křesla



**Obrázek 27** Artefakty a) oční mrkání b) pohyby hlavy

## 5.2 Tracking test

Jedná se vyšetřovací test, pomocí kterého se vyšetřují plynulé oční pohyby pacienta. Vyšetřovaný pacient je umístěn do vyšetřovacího křesla a na světelném panelu sleduje vizuální cíl, kterým je jedna červená tečka. Vizuální cíl se pohybuje různou rychlostí zleva doprava a následně zprava doleva. Pacient musí mít fixovaný pohled, smí sledovat vizuální cíl pouze pohyby očí ne pohyby celé hlavy.

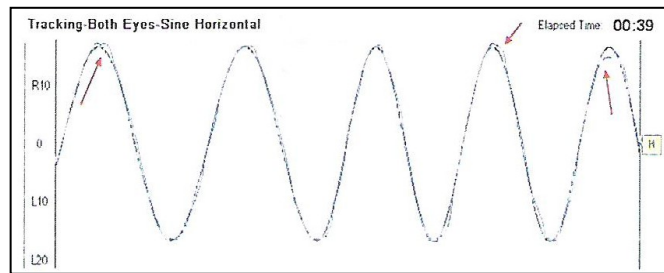


**Obrázek 28** Znázornění pozice vizuálního podnětu na světelném panelu

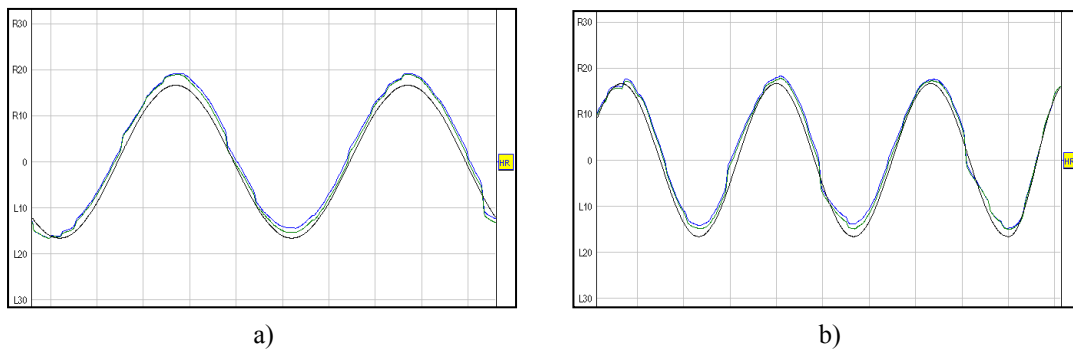
### 5.2.1 Výsledky

#### Výsledky normálního zdravého pacienta

Výsledným grafickým průběhem je křivka sinusového tvaru, která musí co nejvíce kopírovat tvar standardní černé křivky. Výsledný grafický průběh reprezentuje plynulé oční pohyby a perioda znázorňuje rychlost vizuálního cíle. Čím je perioda menší, tím je rychlost pohybu vizuálního cíle větší a čím je perioda větší, tím je rychlost vizuálního cíle pomalejší viz obrázky.



**Obrázek 29** Výsledky normálního zdravého pacienta [25]



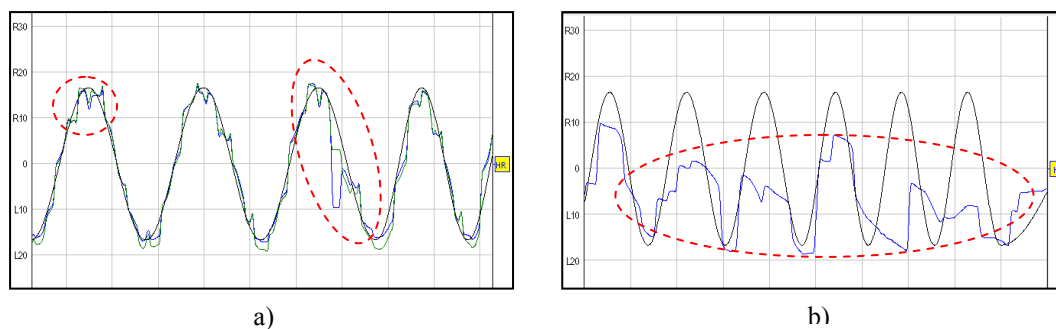
**Obrázek 30** Normální výsledky zdravého pacienta a) pomalé rychlost pohybu vizuálního cíle b) rychlejší rychlost pohybu vizuálního cíle

Pomalá rychlost pohybu vizuálního cíle je zobrazena na Obr. 30 a), zatímco na Obr. 30 b) je rychlost pohybu vizuálního cíle mnohem větší.

### Patologické výsledky

Vyšetřovaný pacient, jehož výsledky jsou znázorněny na Obr. 31 a), dotahoval pohled na vizuální cíl až do krajních poloh, ale jsou zde viditelné cílené záškuby očí v průběhu plynulého sledování vizuálního cíle. Pacient mírně kmital („těkal“) očima. V některých částech jsou kmity velice patrné, zejména v případě pohybů pravého oka. Vyšetřovaný pacient trpí tzv. *periferní poruchou akutní*. Je patrný cílený nystagmus, který se projevuje zmíněnými cílenými záškuby.

Na Obr. 31 b) je zobrazeno monokulární vyšetření tedy vyšetření pouze pravého oka. Pacient nebyl schopen při sledování vizuálního cíle dotahovat pohled do krajních poloh a v některých spodních polohách přetahoval. Jedná se o tzv. *centrální léze*.



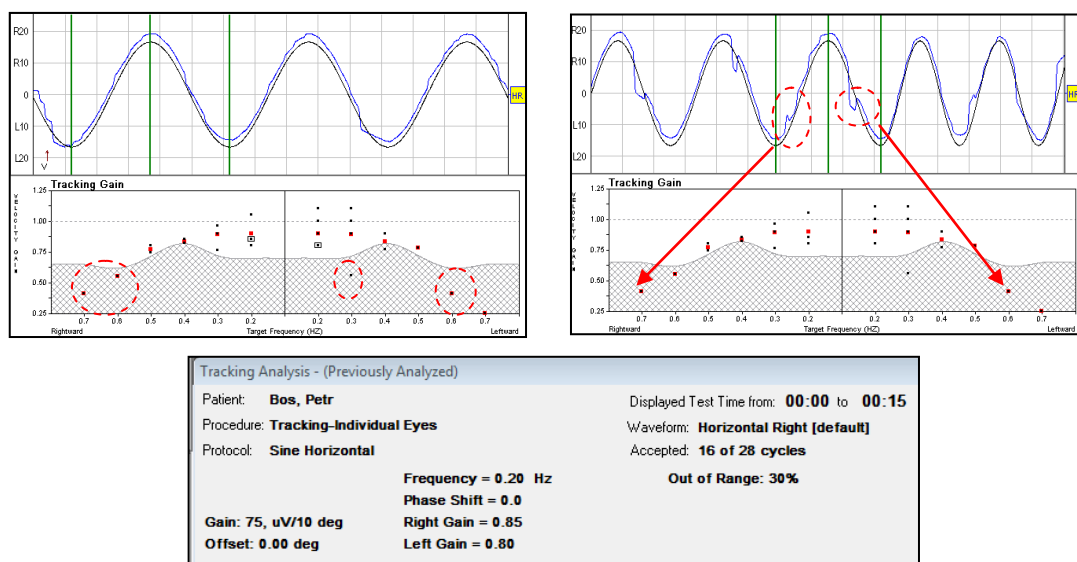
Obrázek 31 Patologické výsledky a) periferní porucha akutní b) centrální léze

## 5.2.2 Analýza dat

V případě testu tracking počítač měří a vyhodnocuje tzv. **přírůstek (zisk) sledování**, který je dán poměrem maximální (vrcholové) rychlosti oka a vrcholové rychlosti cíle, pro různé frekvence.

Důležitý parametr, ke kterému se přihlíží je **počet akceptovaných** tedy **přijatých odpovědí** na sakády. Analýza dat se vyvolá stisknutím klávesy F12 nebo stisknutím tlačítka analýza (*analysis*) na spodní liště. Ve spodní části pod vyobrazenými grafickými průběhy se zobrazí okno, obsahující informace o vyšetřovaném pacientovi a o analýze viz Obr. 32.

Hodnotí se především vizuálně dle umístění jednotlivých bodů, které charakterizují odpovědi na obdržené podněty. Body by měly být umístěny v bílé oblasti, tedy mimo šedou šrafovanou oblast. Body, které jsou umístěny v šedé šrafované oblasti, značí odchylky při měření, jsou označeny červenou přerušovanou elipsou. Zelené svislé čáry, které jsou umístěny v průběhu naměřené křivky, jsou jednotlivé kurzory, které rozdělují křivku na různé cykly (části), které se postupně a jednotlivě analyzují a hodnotí.

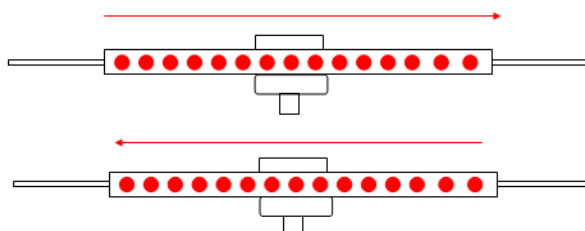


Obrázek 32 Analýza výsledků vyšetřovaného pacienta

### 5.3 Optokinetický test OPK

OPK vyšetření spočívá v plynulém sledování vizuálního cíle (podnětu). V průběhu vyšetření snímáme oční pohyby pacienta, přičemž pacient sleduje vizuální cíl, kterým je řada červených teček viz Obr. 33. Vyšetření se provádí s úhlovou rychlostí vizuálního cíle 20 rad/s nebo 40 rad/s.

Pacient je umístěn do vyšetřovacího křesla a na světelném panelu sleduje řadu červených teček, jež se pohybují úhlovou rychlostí 20 rad/s zleva doprava, zprava doleva a poté s úhlovou rychlostí 40 rad/s zleva doprava a zprava doleva. Pacient má za úkol „chytit“ jednu z těchto červených teček a sledovat ji vždy na konec řady, poté se vrátit zpět na začátek řady a postup opakovat znova. Pacienta požádáme a v průběhu měření hlídáme, aby sledoval vizuální cíl pouze pohyby očí a ne pohyby celou hlavou, což by způsobilo pohybové artefakty.

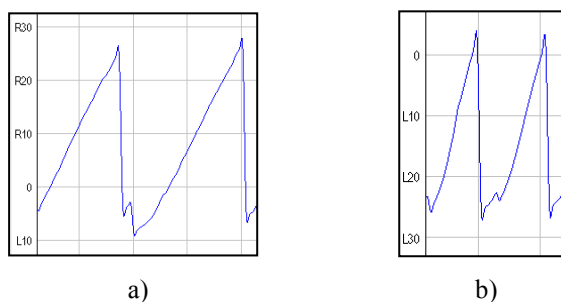


Obrázek 33 Znázornění pozice vizuálního podnětu na světelném panelu

#### 5.3.1 Výsledky

##### Výsledky normálního zdravého pacienta

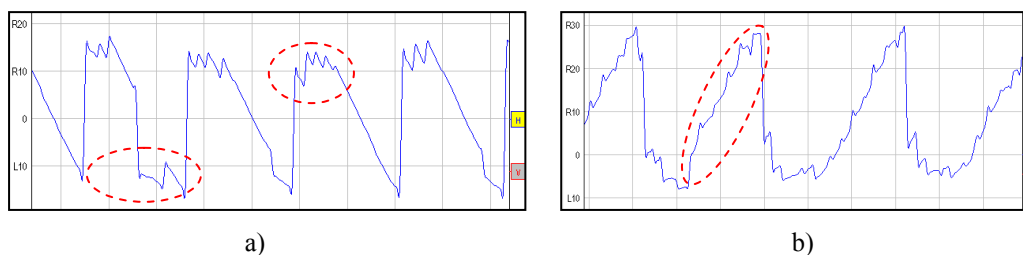
Výsledným grafickým průběhem optokinetického testu je graf ve tvaru pily, skosený doprava nebo doleva podle směru pohybu vizuálního cíle, který se může pohybovat s úhlovou rychlostí 20 rad/s nebo 40 rad/s doleva nebo doprava viz Obr. 34.



Obrázek 34 a) doprava s úhlovou rychlostí 20 rad/s b) doprava s úhlovou rychlostí 40 rad/s

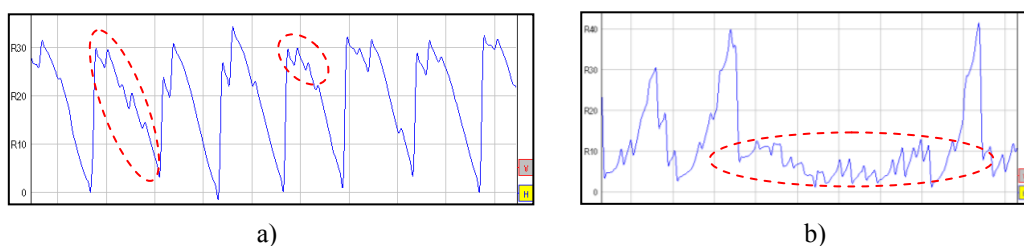
##### Patologické výsledky

Výsledky patologického pacienta *doleva a doprava s úhlovou rychlostí vizuálního cíle 20 rad/s* jsou zobrazeny na Obr. 35. Je patrné, že vyšetřovaný pacient není schopen rychle reagovat a rychle „zachytit“ nový vizuální cíl na začátku nové řady. Průběh by měl být hladký, bez nerovností, které jsou znázorněny červenou elipsou.



**Obrázek 35** Patologické výsledky s úhlovou rychlostí 20 rad/s , test Gaze a) doleva b) doprava

Výsledky patologického pacienta *doleva a doprava s úhlovou rychlostí vizuálního cíle 40 rad/s* jsou zobrazeny na Obr. 36. Vyšetřovaný pacient není schopen navrátit se rychle zpět na začátek nové řady vizuálních cílů a „zachytit“ další vizuální cíl, který musí poté sledovat na konec řady.



**Obrázek 36** Patologické výsledky s úhlovou rychlostí 40 rad/s , test Gaze a) doleva b) doprava

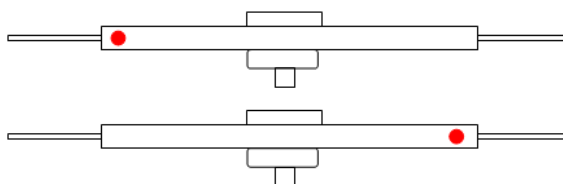
### 5.3.2 Analýza dat

Při analýze dat počítač měří a vyhodnocuje **průměrnou intenzitu (SPV- Slow phase velocity, pomalá fáze nystagmu) tří reprezentativních nystagmických kmitů** v každém směru, pokud je ovšem nystagmus přítomen. U normálních výsledků OPK je průměrná intenzita nystagmu větší než 75 % rychlosti vizuálního cíle v každém směru. OPK test umí málo kdo správně zanalyzovat, většinou se nehodnotí, o jaké patologie se jedná, ale hodnotí se pouze, zda je patologie přítomna či ne. Jeli patologie přítomná, jedná se o **pozitivní patologii**, pokud patologie přítomná není, jedná se o **patologii negativní**.

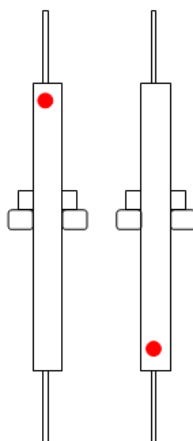
### 5.4 Gaze test

Cílem gaze testu je vyzkoušet a prověřit pacientovu schopnost dosáhnout a udržet rozdílné přímé pozice. Jde o vyšetření, při kterém pacient sleduje vizuální cíl, kterým je jedna červená tečka. Jedná se o přímý, upřený pohled na vizuální cíl pod určitým úhlem 25-30 °, který je umístěn vlevo, vpravo, nahoře a dole viz Obr. 37 a Obr. 38. Je důležité, aby pacient udržel tento přímý pohled po dobu několika sekund, nejlépe po dobu 20 sekund. Abychom mohli vyšetřit přímý pohled pacienta dolů a nahoru, je nutné polohovat světelný panel do pozice svisle eventuálně diagonálně.

Pomocí gaze testu se vyšetřuje fixační nystagmus, jež je dobře zachytitelný. Gaze test se používá zřídka.



**Obrázek 37** Umístění vizuálního cíle na světelném panelu v testu Gaze, přímý pohled nahoru a dolů

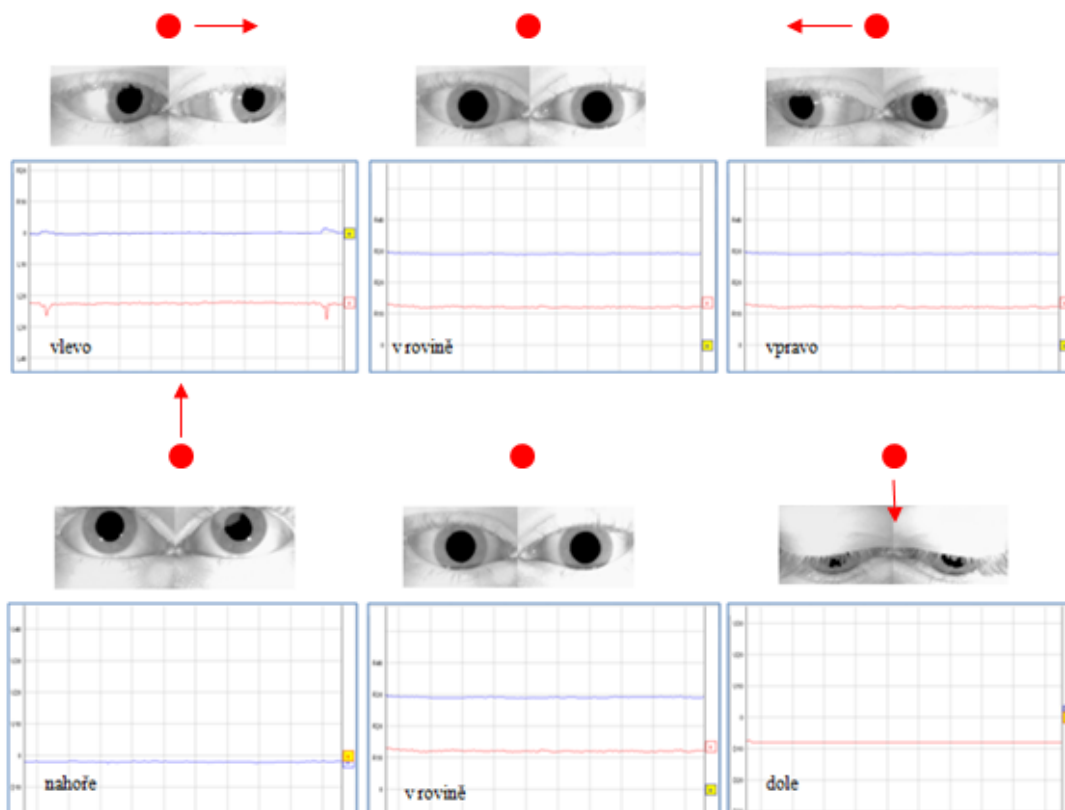


**Obrázek 38** Umístění vizuálního cíle na světelném panelu při testu Gaze, přímý pohled doleva a doprava

#### 5.4.1 Výsledky

##### Výsledky normálního zdravého pacienta

Výsledný grafický průběh normálního zdravého pacienta má tvar rovné čáry se zanedbáním drobných nerovností, viz Obr. 39, který se skládá z horizontální křivky, jež je znázorněná modrou barvou a z vertikální křivky, jež je znázorněná barvou červenou. Tyto křivky reprezentují horizontální a vertikální složku nystagmu, pokud se v průběhu vyšetření objeví spontánní nystagmus, projeví se na výsledném grafickém průběhu a to přítomností různých záškubů a tvarů, dle kterých se následně výsledky hodnotí. Výsledné grafické průběhy při vyšetření nahoru a dolů se skládají pouze z jedné křivky, ať už horizontály nebo vertikály. Dojde ke ztotožnění horizontály a vertikály.



Obrázek 39 Výsledky zdravého pacienta

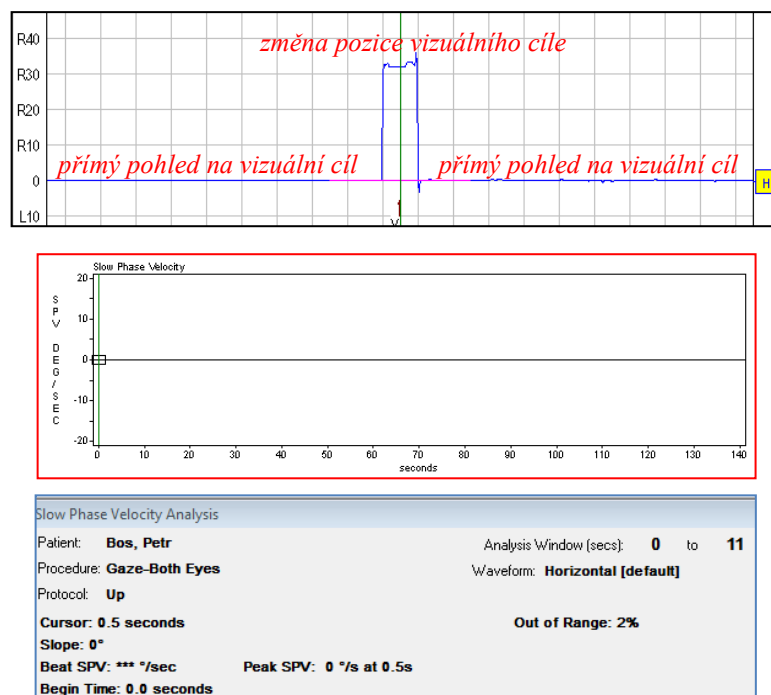
#### 5.4.2 Analýza dat

Při analýze dat počítač měří a vyhodnocuje **SPV** tedy **průměrnou intenzitu tří reprezentativních nystagmických kmitů** v každém směru, pokud je ovšem nystagmus přítomen. Analýza se provádí zejména u pacientů, kteří trpí výskyty nystagmu. Pokud se nystagmus v průběhu měření projeví, hodnotí se směr pohybu, zda byl příliš rychlý nebo naopak pomalý, hodnotí se způsob fixace, zda byla provedena nebo ne a měří se už zmíněná SPV, latence a průběh.

Výsledky zobrazené na Obr. 40 odpovídají standardu, jedná se tedy o výsledky normálního zdravého pacienta, jelikož není přítomen nystagmus.

Rovná čára modré barvy znázorňuje sledování vizuálního cíle v jedné přímé poloze. Nerovný obdélník modré barvy znázorňuje přechod a změnu polohy vizuálního cíle, po kterém následuje opět rovná modrá křivka, znázorňující sledování vizuálního podnětu v další přímé poloze. Svislá zelená čára znázorňuje **kurzor**, který udává časovou hodnotu na jeden dílek a to 0,5 s. Parametr **Out of range** udává vychýlení naměřených dat od normálu, v našem případě je vychýlení 2 %, ve kterých došlo k odchylkám v měření.





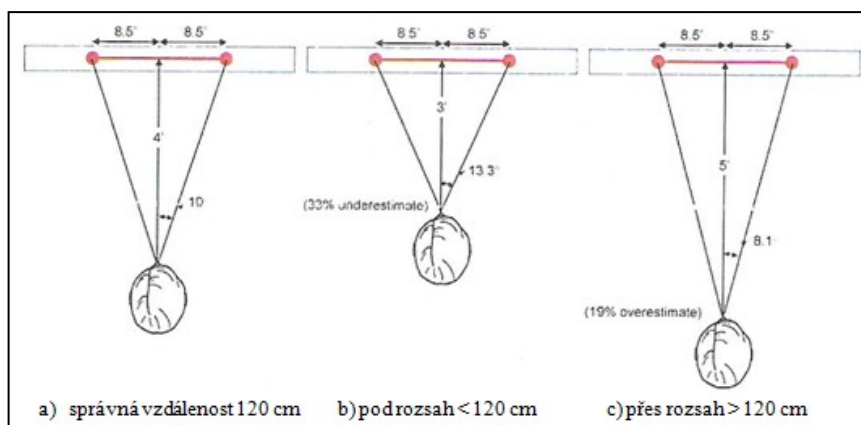
Obrázek 40 Analýza normálního výsledku, test GAZE

## 6 Modelové situace chyb

Pokud vyšetřovaný pacient, vyšetřující lékař či asistent nedodrží výše zmíněné požadavky a instrukce, ať už se jedná o chybu na straně pacienta v přípravě před vyšetřením či v jeho spolupráci při vyšetření, nebo o chybu na straně vyšetřujícího lékaře ve špatném nastavení přístroje a měření, dochází k různým situacím, které mají za následek velice zkreslené a mnohdy nepoužitelné výsledky. Proto je vhodné o možných situacích vědět a vyvarovat se jim.

### 6.1 Vzdálenost vyšetřovacího křesla od světelného panelu

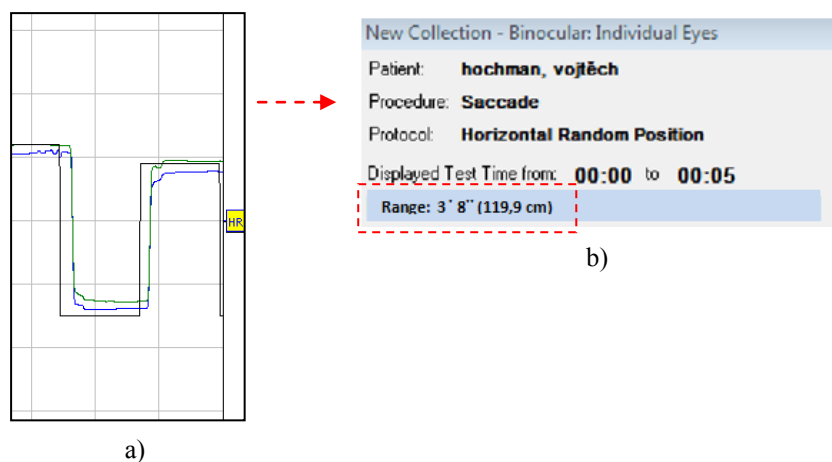
Jednou z častých chyb je umístění vyšetřovacího křesla do špatné vzdálenosti od světelného panelu. V uživatelském manuálu je uváděna vzdálenost 1,2 m. Na Obr. 41 je znázorněno umístění vyšetřovaného pacienta od světelného panelu v rozdílných vzdálenostech.



**Obrázek 41** Vzdálenost vyšetřovacího křesla od světelného panelu [25]

Vzdálenost vyšetřovacího křesla od světelného panelu je měřena pomocí rozsahového senzoru, jehož úkolem je automaticky měřit a zobrazovat již zmíněnou vzdálenost. Senzor nám tak poskytuje důležitou informaci o tom, zda je pacient umístěn ve správné vzdálenosti, která je potřebná pro přesné a kvalitní vyšetření. Informace o vzdálenosti pacienta je zobrazena hned pod grafickým záznamem očních pohybů vedle informací o probíhajícím měření. Probíhá neustálá kontrola a aktualizace každé 3 sekundy. Pokud se pacient v průběhu vyšetření pohne nebo se změní jeho polohová pozice, senzor ihned reaguje a signalizuje chybu. Vyšetřující lékař či asistent musí vyšetření pozastavit a umístit vyšetřovaného pacienta zpět do správné polohy. Pokud tak neučiní nebo si této změny nevšimne a pokračuje ve vyšetření dále, zobrazí se v závěru vyšetření upozornění, oznamující překročení dovoleného rozsahu.

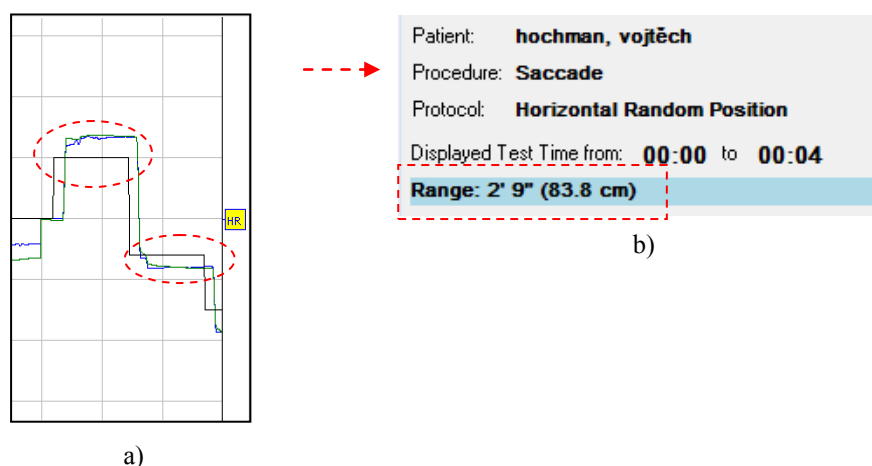
### Umístění vyšetřovacího křesla ve standardní vzdálenosti tj. 120 cm



**Obrázek 42** a) Výsledek při umístění vyšetřovacího křesla ve vzdálenosti 120 cm b) Informační okno Range

Vyšetřovací křeslo je umístěno ve standardní vzdálenosti 120 cm od světelného panelu. Grafický průběh vyšetřovaného pacienta, který je znázorněn na Obr. 42, je zcela v pořádku a v normě. Modro-zelená křivka, která znázorňuje oční pohyby levého a pravého oka kopíruje tvar standardní černé křivky. Modrá křivka odpovídá očním pohybům pravého oka a zelená křivka očním pohybům oka levého.

### Umístění vyšetřovacího křesla ve vzdálenosti menší než je 120 cm, tj. ve vzdálenosti 83,8 cm



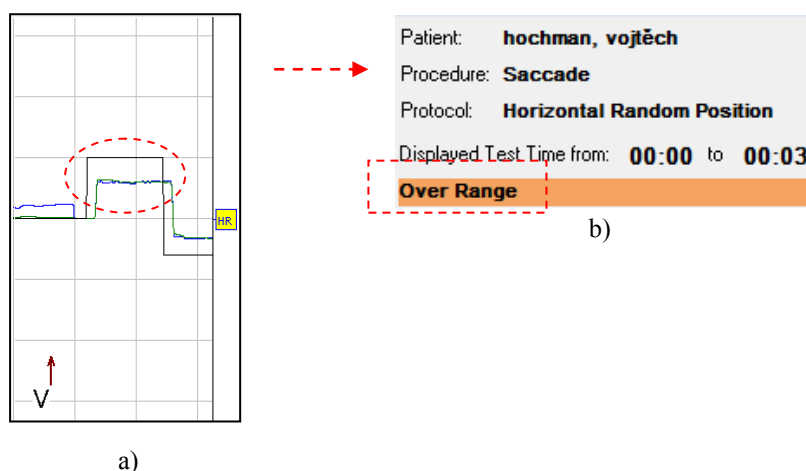
**Obrázek 43** a) Výsledek při umístění vyšetřovacího křesla do vzdálenosti < 120 cm, tedy do vzdálenosti 83,8 cm b) Informační okno Range

Vyšetřovací křeslo je umístěno ve vzdálenosti menší, než je 120 cm přesněji do vzdálenosti 83,8 cm tzv. „pod rozsah“. Na výsledném průběhu znázorněném na Obr. 43 a) je patrné, že vyšetřovaný pacient nemůže správně a dostatečně zaostřit vizuální cíl.

Znatelné jsou zejména horní a dolní polohy grafického průběhu, jelikož modro-zelená křivka, znázorňující pohyby levého a pravého oka, přesahuje standardní černou křivku. V těchto polohách se jedná o tzv. „přestřely“ (překmity).

Při špatném umístění vyšetřovacího křesla se objeví informace o vzdálenosti, která je znázorněna na příloženém Obr. 43 b). Parametr **Range** udává hodnotu vzdálenosti a signalizuje, že je vyšetření prováděno ve vzdálenosti menší, než je 120 cm.

### Umístění vyšetřovacího křesla ve vzdálenosti větší než je 120 cm, tedy přes dovolený rozsah



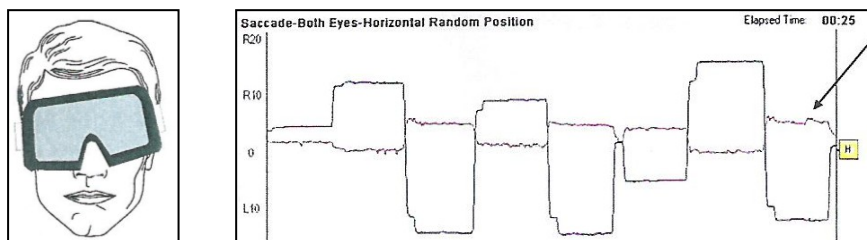
**Obrázek 44** a) Výsledek při umístění vyšetřovacího křesla do vzdálenosti  $> 120$  cm b) Informační okno Range

Vyšetřovací křeslo je umístěno ve vzdálenosti větší, než je 120 cm, tedy tzv. „nad rozsah“. Pokud vyšetřujeme pacienta, který špatně vidí do dálky, může mít v takto špatně nastavené pozici problém se zaostřením na vizuální cíl. Na výsledném grafickém průběhu, který je znázorněn na Obr. 44 a), je modro-zelená křivka odpovídající měření v horních a dolních polohách pod křivkou černou, tedy pod křivkou standardní. Pacient v krajních polohách nedotahuje.

Při umístění vyšetřovacího křesla do vzdálenosti větší, než je 120 cm, nám parametr **Range** signalizuje pouze slovně, že vyšetření probíhá ve vzdálenosti přes rozsah tzv. over range viz Obr. 44 b).

## **6.2 Umístění video brýlí**

Špatným umístěním video brýlí na pacienta můžeme ovlivnit výkon pacienta při vyšetření a následné výsledky měření. Video brýle nesmí pacienta po dobu vyšetření nikde tlačit a nesmí mu také z obličeje klouzat a posouvat se. Při špatném umístění video brýlí nejsou video kamery schopny správně a dostatečně zaměřit zornice, což způsobí, že kamery zachytávají okolní šумы, jež se projeví jako znehodnocující artefakty. Objeví se tzv. *přeslechy* (*překmity*), které jsou na Obr. 45 znázorněny šipkou.



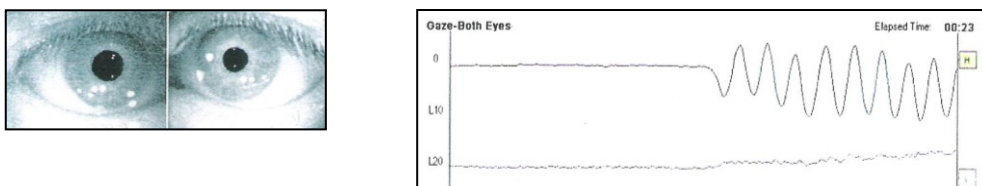
Obrázek 45 Špatné umístění video brýlí

### 6.3 Špatné nastavení video obrazu snímaných očí

Při přípravě pacienta na vyšetření v ordinaci lékaře je jednou z podstatných a důležitých věcí správné a odpovídající nastavení jednotlivých parametrů pro snímání video obrazu očních pohybů. Jedná se o správné umístění zornic v systému a o správné nastavení parametrů, jako jsou jas, kontrast, zaostření a prahová hodnota tzv. *threshold* viz kapitola 4.2. Nastavení jednotlivých parametrů videa úzce souvisí s umístěním video brýlí na pacienta. Umístíme-li video brýle špatně, je zcela nemožné správně zaměřit infračervené kamery a následně zaostřit zornice.

#### 6.3.1 Správné nastavení parametrů

Nastavíme-li správně jednotlivé parametry videa a umístíme-li zornice do správné polohy, získáme měřením výsledek odpovídající výsledku na Obr. 46. Jedná se o výsledek normálního zdravého pacienta bez viditelných záškubů a odchylek.

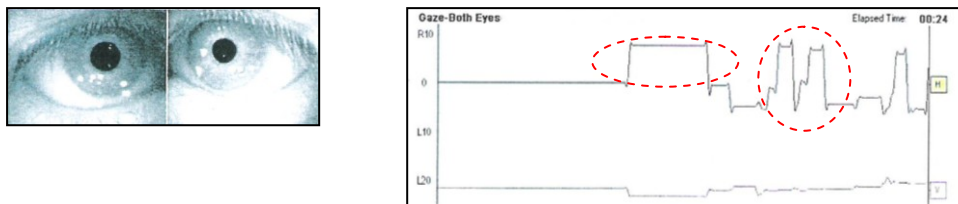


Obrázek 46 Výsledky zdravého pacienta při správném nastavení požadovaných parametrů

#### 6.3.2 Špatné nastavení prahové hodnoty threshold a kontrastu

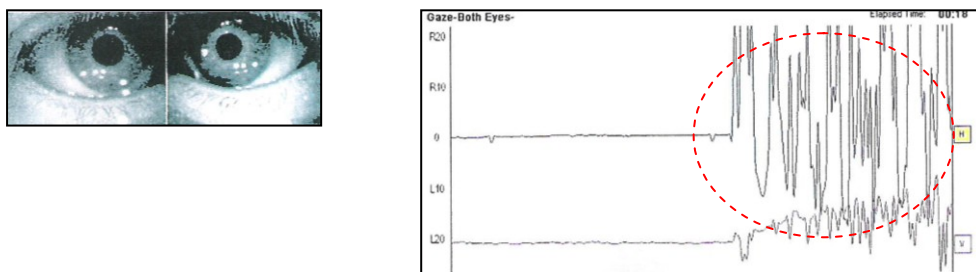
Při nastavení **nízké prahové hodnoty – threshold** a **nízké hodnoty kontrastu** získáme výsledek, jenž je zobrazen na Obr. 47. Jedná se o patologický výsledek vyšetřovaného pacienta.

Systém není schopen správně detekovat oční pohyby. Výsledek není plynulý, nesplňuje standardní tvar, jenž je zobrazen na Obr. 46. Jsou zde přítomny zákmity a záškuby, označené červenou elipsou, v průběhu přímého pohledu na vizuální cíl, žádná z vln není dokončena.



**Obrázek 47** Výsledek při nastavení nízké prahové hodnoty threshold a nízkého kontrastu

Při nastavení **vysoké prahové hodnoty** a **vysoké hodnoty kontrastu**, dojde ke zkreslení výsledných výsledků a nelze je s jistotou správně zanalyzovat. Místo téměř sinusových průběhů viz Obr. 46, je výsledný průběh zcela zašuměn, viz Obr. 48. Systém není schopen správně detekovat oční pohyby.

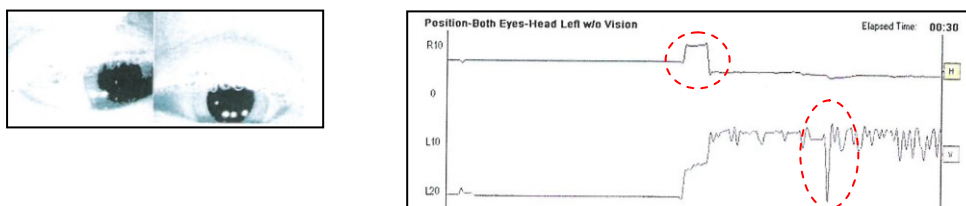


**Obrázek 48** Výsledek při nastavení vysoké prahové hodnoty threshold a vysoké hodnoty kontrastu

### 6.3.3 Špatné umístění zornic

Při špatném umístění zornic, které musí ležet ve stejné horizontální rovině a musí být správně zastřeny a zaměřeny, video kamery nejsou schopny správně zaměřit centra zornic a při pohybu hlavy nebo očí, nejsou schopny správně snímat a detekovat jejich pohyby.

Výsledkem měření je grafický průběh obsahující neidentifikovatelné šumy, znázorněny červenou elipsou. Mnohdy je výsledným grafem i rovná čára s občasnými záškuby viz Obr. 49.



**Obrázek 49** Výsledek při špatném nastavení a umístění zornic

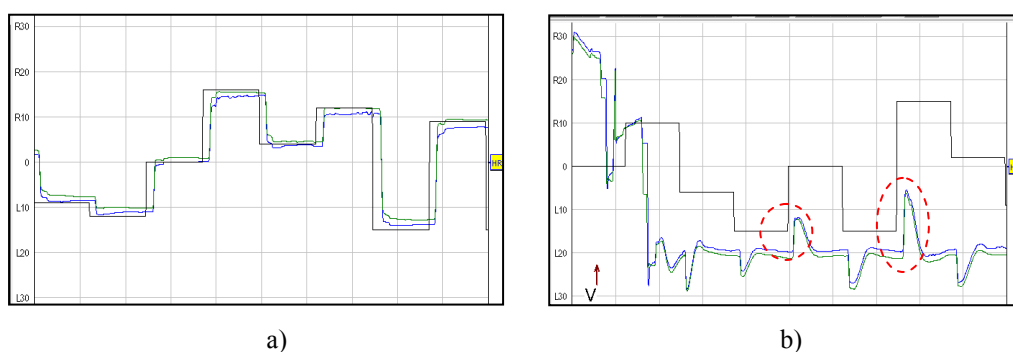
## 6.4 Spolupráce pacienta

Nejčastější chyba, kterou pacienti byt' nevědomky dělají, se vyskytuje při měření testů *saccade* (trhavých očních pohybů) a *tracking* (plynulé sledování). Při těchto testech pacient sleduje vizuální cíl na světelném panelu, který se v případě testu saccade pohybuje skákavě z místa na místo a v případě tracings se pohybuje plynule zleva doprava a zprava doleva. Pacient musí tyto vizuální cíle sledovat pouze očima. Chyba nastává v případě, že pacient není schopen sledovat vizuální cíl pouze očima, ale sleduje pohybem celou hlavou, hlava není fixována. V takové situaci je nutné pacienta uvědomit a poučit ho, jak má správně při vyšetření postupovat. Pokud tak neučiníme, výsledkem jsou grafické záznamy, které není možné správně analyzovat a hodnotit.

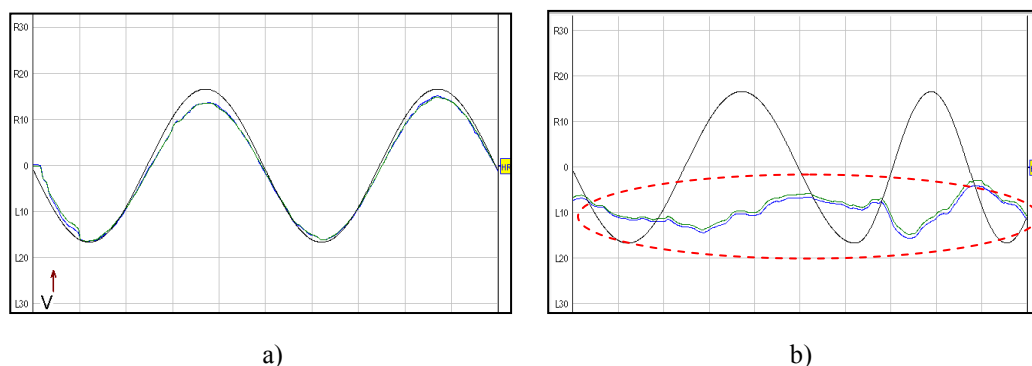
Grafický průběh měřeného signálu (modro-zelená křivka) by měla správně kopírovat standardní křivku černé barvy.

V případě výsledků testu Saccade zobrazených na Obr. 50 b) jsou takto naměřená data oproti výsledkům na Obr. 50 a) téměř nepoužitelná. V krajních polohách jsou znatelné úhyby a úklony hlavy, znázorněny červenou elipsou a celý graf je posunut pod standardní křivku.

Výsledky testu tracking na Obr. 51 b) jsou zcela nepoužitelné, naměřená křivka má tvar klikaté čáry a ani náznakem nekopíruje standardní sinusový tvar.



**Obrázek 50 test Saccade** a) Pacient má fixován pohled, normální výsledek, b) Pacient nemá fixován pohled, pohybuje hlavou, patologický výsledek



**Obrázek 51 test Tracking** a) Pacient má fixován pohled, normální výsledek b) Pacient nemá fixován pohled, pohybuje hlavou, patologický výsledek

## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit laboratorní úlohu pro měření neinvazivní metody k vyšetření sluchově-rovnovážného a zrakového ústrojí, zvanou videonystagmografie. Jedná se o jednu z nejmodernějších vyšetřovacích metod, která je využívána pouze na specializovaných pracovištích. K dispozici je minimum materiálů v českém jazyce, a chybí i podrobnější manuál k provedení vyšetření, což bylo úkolem a cílem bakalářské práce.

Laboratorní úloha byla vytvořena za spolupráce zdravotnického odborného personálu z Centra pro poruchy sluchu a rovnováhy. Součástí zmíněné laboratorní úlohy je manuál k danému vyšetření, jež bude sloužit nejen zdravotnickému personálu v Centru pro poruchy sluchu a rovnováhy, ale také pro pregraduální a postgraduální přípravu studentů lékařských a nelékařských oborů. Při práci s videonystagmografem je důležité správně pochopit fyziologii, patologii a patofyziologii vestibulárního systému, jež je nejsložitějším smyslovým ústrojím a rozlišit chyby a patologické stavy tak, aby nebyly zaměněny.

Manuál bude sloužit pro praktickou výuku tak, aby podle něj byli schopni studenti a obsluhující zdravotnický personál přístroj zapojit, vyvarovat se jednotlivých chyb při měření, které mohou významně ovlivnit výsledky vyšetření a správně využít jednotlivých modalit měření.

Při vypracovávání bakalářské práce jsem si uvědomila, jak úzce spolu všechna smyslová ústrojí v lidském organismu souvisí, a že bez možnosti vnímat veškeré události kolem nás, je těžké žít a fungovat. Je důležité si také uvědomit, jak úzce spolu technika a medicína spolupracují a jakým je to pro lidskou populaci přínosem.



## 8 Použitá literatura

- [1] MRÁZKOVÁ, Eva, Jiří MRÁZEK a Marie LINDOVSKÁ. *Základy audiologie a objektivní audiometrie: medicínské a sociální aspekty sluchových vad*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita, 2006, 121 s. ISBN 80-736-8226-5.
- [2] MRÁZKOVÁ, E.: *Základy audiologie a metod objektivního vyšetření sluchu*. Skriptum VŠB-TUO FEI, 2006, ISBN 80-248-1123-4.
- [3] MCCracken, Thomas. *Nový atlas anatomie člověka 1*. Vyd. Praha: Columbus, 2002, 239 s. ISBN 80-724-9014-1.1.
- [4] MERKUNOVÁ, Alena, OREL, Miroslav. *Anatomie a fyziologie člověka: pro humanitní obory*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2008, 302 s. Psyché (Grada). ISBN 978-802-4715-216.
- [5] ČIHÁK, Radomír. *Anatomie 1., 2., 3.* Vyd. 2. Praha: Grada Publishing, 2002, 497s., 470 s., 655 s., ISBN 80-716-9970-5, ISBN 80-247-0143-X, ISBN 80-716-9140-2.
- [6] KUTÁ, S. *Evokované potenciály sluchové dráhy*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. Fakulta elektrotechniky a informatiky. Katedra měřicí a řídicí techniky., 2008, 59 s., Ing. Mohylová Jitka, PhD.
- [7] SILBERNAGLS, S., DESPOPOULOS, A. *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Avicenum, 1984, 320 s.
- [8] ORLOVÁ, K. *Anatomie člověka 1*. Vyd. 1. Havlíčkův Brod: Fragment, 2005, 96 s. ISBN 80-253-0080-3.
- [9] PUNKO, A. *Fyziologie a patologie očních pohybů*. Brno: Masarykova univerzita v Brně. Lékařská fakulta., 2007, 76 s., MUDr. Monika Synková.
- [10] VG40 User Guide for CHARTR 200
- [11] VNG Operator's Manual CHARTR 200
- [12] BARIN, K., PhD. *Comprehensive Guide to VNG/ENG Administration and Interpretation*. Budapešť, Otometrics, 2010, s.
- [13] [Http://www.ortoptikahk.wbs.cz/Anatomie-a-fyziologie-zraku.html](http://www.ortoptikahk.wbs.cz/Anatomie-a-fyziologie-zraku.html). [online]. [cit. 2012-04-13].
- [14] [Http://www.wikiskripta.eu/index.php/Okohybné\\_svaly](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Okohybné_svaly). [online]. [cit. 2012-04-13].
- [15] [Http://panwiki.panska.cz/index.php/Fyziologie\\_oka](http://panwiki.panska.cz/index.php/Fyziologie_oka). [online]. [cit. 2012-04-13].
- [16] [Http://www.otometrics.com/balance-assessment/VNGENG/VNGENG.aspx](http://www.otometrics.com/balance-assessment/VNGENG/VNGENG.aspx). [online]. [cit. 2012-04-13].
- [17] [Http://www.vertigoacademy.cz/zavrat/prohlidka/152/vestibularni-testy](http://www.vertigoacademy.cz/zavrat/prohlidka/152/vestibularni-testy). [online]. [cit. 2012-04-13].
- [18] [Http://www.keyhearing.com/Videonystagmography\\_vng.aspx](http://www.keyhearing.com/Videonystagmography_vng.aspx). [online]. [cit. 2012-04-13].
- [19] [Http://www.childrenshospital.org/cfapps/research/data\\_admin/Site339/mainpageS339P19.html](http://www.childrenshospital.org/cfapps/research/data_admin/Site339/mainpageS339P19.html). [online]. [cit. 2012-04-13].

## **9 Přílohy**

Příloha č. 1 : Laboratorní úloha měření videonystagmografie

Příloha č. 2 : Přístroj ICS Chartr 200 VNG/ENG

Příloha č. 3 : Isolační transformátor

Příloha č. 4 : Světelný panel

Příloha č. 5 : Video brýle VG40

Příloha č. 6 : Vyšetřovací křeslo

Příloha č. 7 : Umístění vyšetřovaného pacienta do vyšetřovacího křesla

Příloha č. 8 : Prostředí programu ICS Chartr VNG

## Příloha č. 1 : **Laboratorní úloha měření videonystagografie**

### **Úvod**

Cílem práce je vytvořit manuál pro měření videonystagografie pro Centrum pro poruchy sluchu a rovnováhy. Tento manuál bude sloužit jednak obsluhujícímu personálu, ale také studentům lékařských a nelékařských oborů pro jejich praktickou výuku tak, aby podle něj byli schopni přístroj zapojit, vyvarovat se chyb a správně využít jednotlivé modality měření.

### **Cíl laboratorní úlohy měření VNG**

- Zapojit přístroj a využít VNG
- Pracovat s vyšetřovaným pacientem (příprava na vyšetření, samotné vyšetření pacienta)
- Pracovat se speciálním programem pro vyšetření videonystagografie ICS Chartr VNG
- Naměřit čtyři základní vyšetřovací testy, které slouží jako základ vyšetření jednostranného vestibulárního systému.

### **Předpokládané znalosti**

Před započítím měření videonystagografie je důležité znát teoretické znalosti ohledně zmíněné vyšetřovací metody a taktéž znát základy anatomie a fyziologie rovnovážného a zrakového ústrojí.

Je důležité mít nastudováno:

- základy anatomie a fyziologie rovnovážného a zrakového ústrojí
- DOSPIVOVÁ, D. *Laboratorní úloha měření Videonystagografie*. Ostrava: VŠB-TUO. Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2012, Vedoucí práce doc. RNDr. Jindřich Černožský, CSc., MUDr. Eva Mrázková, PhD.
- MRÁZKOVÁ, Eva, Jiří MRÁZEK a Marie LINDOVSKÁ. *Základy audiologie a objektivní audiometrie: medicínské a sociální aspekty sluchových vad*. Vyd. 1. Ostrava: Ostravská univerzita, 2006, 121 s. ISBN 80-736-8226-5.

### **Použité vybavení**

- PC
- napájecí kabel, adaptér
- přístroj ICS Chartr VNG/ENG 200
- izolační transformátor
- kabel USB
- software ICS Chartr VNG
- video brýle VG 40
- světelný panel

### **Teoretický rozbor**

**Videonystagografie (VNG)** je vyšetřovací metoda, sloužící k vyšetření jednostranného vestibulárního systému a vestibulárních drah jako celku.

Videonystagmografie je založena na měření a vyhodnocení **vestibulo-okulárního reflexu (VOR)** a na základě měření stimulovaných očních pohybů a okulomotorických drah. Funkcí vestibulo-okulárního reflexu je udržet jasnou vizi při pohybech hlavy a to vytvářením kompenzačních očních pohybů. Jedná se o kontrolní mechanismus očních pohybů.

Dalším využitím VNG je vyšetření vnitřního ucha, centrálních motorických funkcí, k zaznamenání okulomotorických reakcí a k určení, zda se mohou závratě a problémy s rovnováhou pacienta, jež jsou častým a běžným problémem, vyskytovat v důsledku poruchy ve vnitřním uchu.

Slouží k záznamu normálních pohybů očí a k záznamu mimovolních rychlých očních pohybů tzv. nystagmu, což jsou nedobrovolné vůlí neovladatelné kmity (pohyby) očí charakteristické škubáním očí z jedné strany na druhou, nahoru dolů. Jedná se o kompletní diagnostický systém pro nahrávání, analýzu a identifikaci mimovolních rychlých očních pohybů za použití speciální zobrazovací video- technologie.

VNG vyšetření se skládá ze tří hlavních částí, **kalorického vyšetření**, **pozičního vyšetření**, při kterém se vyšetřuje nystagmus a **optokinetického vyšetření**.

**Oční a optokinetické vyšetření** může signalizovat centrální či neurologický problém nebo problém na cestě, která spojuje vestibulární systém s centrální nervovou soustavou. Toto vyšetření je složeno z dílčích testů - **test saccade**, **tracking**, **optokinetický a gaze test**.

Princip vyšetření je takový, že na základě vizuálních podnětů zobrazených pacientovi na světelném panelu, které sleduje speciálními video brýlemi, snímáme oční pohyby vyšetřovaného pacienta v závislosti na pohybech vizuálního cíle. Oční bulvy snímají určitý vizuální podnět a na základě očních pohybů dochází ke snímání obrazu prostřednictvím speciální infračervených kamer, umístěných ve video brýlích. Vzniká tak určitý vlnový průběh o určité frekvenci a amplitudě, odpovídající daným pohybům a reakcím na vizuální podněty.

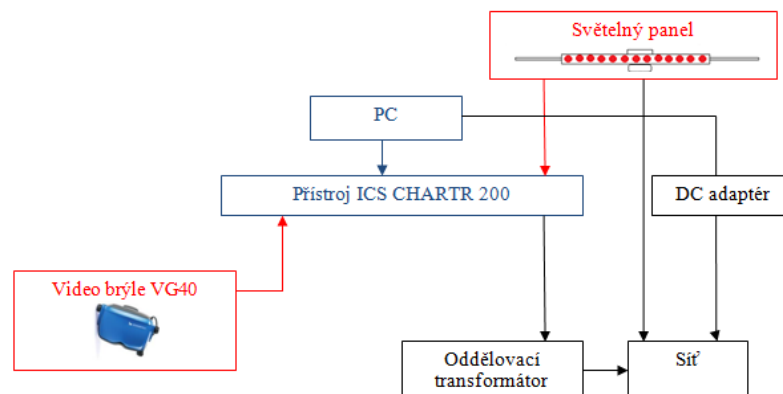
Na základě snímání skluzu oční jamky je prostřednictvím nervových drah vyslán nervový příkaz, který vede přes nervové centrum na zrakové dráhy, které jsou zastoupeny okulomotorickými jádry. Tyto okulomotorické jádra pohybují jednotlivými okohybnými svaly očních koulí dle přijatého podnětu.

### **Postup vyšetření (pracovní postup)**

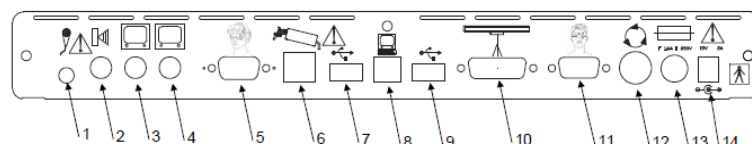
Před začátkem vyšetření je důležité uvědomit a upozornit pacienta na úkony, které musí dva dny před vyšetřením dodržet. Dodržení instrukcí je popsáno v kapitole 4.2 *Příprava pacienta na vyšetření*.

Po přípravě pacienta před vyšetřením následuje příprava pacienta a příprava přístroje v ordinaci lékaře.

1. Propojení PC prostřednictvím USB kabelu s přístrojem ICS Chartr 200. USB kabel zasuňte na pozici 8 znázorněnou na Obr. 2.
2. Propojení PC a přístroje ICS Chartr 200 se světelným panelem a video brýlemi dle schématu zapojení Obr. 1 a dle Obr. 2. Světelný panel zapojte do přístroje ICS Chartr 200 na pozici 10 a video brýle na pozici 5.



**Obrázek 1** Schéma zapojení měřicího řetězce



**Obrázek 2** Propojení jednotlivých komponent s přístrojem ICS Chartr 200

**Popis jednotlivých vstupů a výstupů a přístroji ICS Chartr 200 :**


1 audio vstup	8 PC
2 audio výstup	9 USB
3 zapojení levého monitoru (video výstup)	10 Světelný panel
4 zapojení pravého monitoru (video výstup)	11 Pacientský kabel
5 Video brýle VG 40	12 Loopback zkušební přípravek (zpětná smyčka)
6 Kalorický stimulátor pro kalorické vyšetření	13 Pojistka napájení
7 USB	14 DC vstup

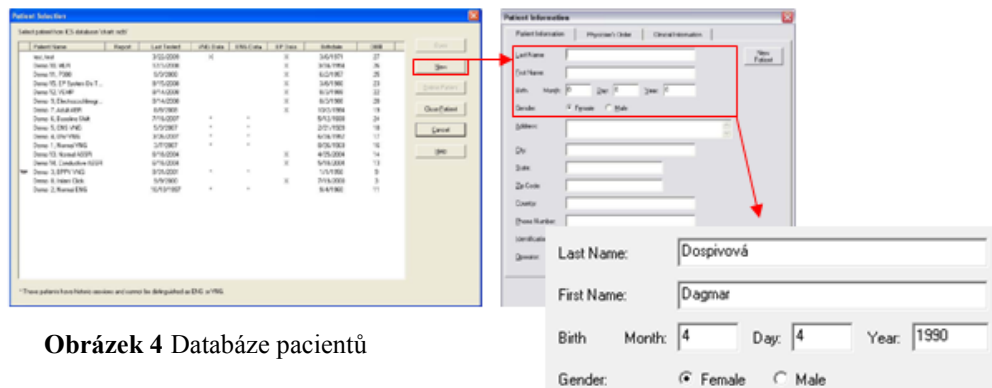
3. Připojte napájecí adaptér k přístroji na pozici 14, viz Obr. 2. Adaptér musí být do elektrické sítě zapojen přes izolační oddělovací transformátor, což je zařízení, které zajišťuje ochranu před úrazy elektrickým proudem a zároveň zajišťuje dodávku elektřiny pro zařízení, která nesmějí být neočekávaně vypnutá.
4. Zkontrolujte zapojení a propojení, zda nedošlo k záměně kabelů a zda je vše správně zapojeno.
5. Umístění vyšetřované osoby do vyšetřovacího křesla v předepsané vzdálenosti 1, 2 m od světelného panelu. Pokud nedodržíte předepsanou vzdálenost, dojde k znehodnocení naměřených výsledků. Zajistěte, aby byla vyšetřovaná osoba usazena pohodlně a v klidu s fixovanou hlavou. Sleduj kapitolu 6. *Modelové situace chyb.*

6. Před umístěním video brýlí na vyšetřovanou osobu zkontrolujte, zda jsou video brýle čisté a nepoškrábané. Pokud jsou brýle špinavé a poškrábané sleduj kapitolu 3.2.2 *Údržba video brýlí*.
7. Na vyšetřovanou osobu umístěte video brýle VG40 dle předepsaného postupu. Správné umístění video brýlí je znázorněno na Obr. 3. Sleduj kapitolu 3.2.1 *Umístění video brýlí na vyšetřovaného pacienta*.
  - Po umístění vyšetřované osoby do vyšetřovacího křesla jej poprosíme, aby si video brýle umístil na oči. Poté utáhneme zadní a horní popruh, který slouží k fixaci brýlí. Je důležité, aby se pacient cítil uvolněně, aby mohl stále dýchat a aby vyšetřovanou osobu video brýle nikde netlačily a naopak nepadaly.



**Obrázek 3** Umístění video brýlí VG40 na pacienta

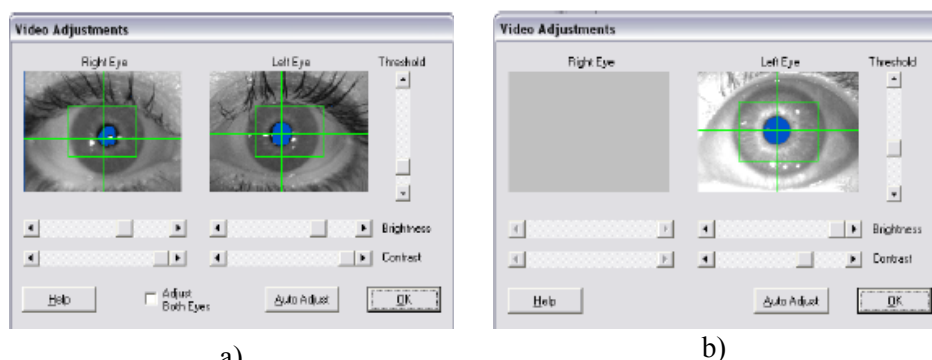
8. Zapněte PC a spusťte program ICS Chartr VNG  umístěný na ploše PC.
9. Kalibrace přístroje ICS Chartr 200. Postup kalibrace sleduj v kapitole 4.1 *Kalibrace*.
  - Nemusí se provádět pokaždé před začátkem nového vyšetření. Je však nutná v případě, kdy dojde ke změně polohy nastavených video kamer ve video brýlích.
10. Po otevření programu ICS Chartr VNG se zobrazí hlavní okno a databáze již vyšetřených pacientů. Vložte do databáze vyšetřovanou osobu.
  - Stisknutím tlačítka **New** nebo pomocí klávesové zkratky **F2** se otevře okno Informace o pacientovi, zde vložíte osobní údaje vyšetřované osoby (jméno, příjmení, pohlaví, datum narození, telefon a adresa). Pokračujete stisknutím OK. Sleduj Obr. 4.
  - Existuje-li vyšetřovaná osoba v databázi pacientů, pomocí příjmení nebo klávesové zkratky **F3** ji naleznete a pokračujete stisknutím **Open**. Posléze můžete vyhledat a procházet dřívější výsledky vyšetřované osoby, upravovat data nebo začít nové vyšetření.



Obrázek 4 Databáze pacientů

11. Otevřete okno klikem na **Video Adjustments** (nastavení videa) nebo stisknutím klávesy **F7**, kde zkontrolujete nastavení jednotlivých parametrů a umístění zornic. Nastavení video obrazu a parametrů se provádí pro každé oko zvlášť, jelikož můžeme vyšetřovat pouze levé či pravé oko, nebo obě oči zároveň. Správné nastavení je znázorněno na Obr. 5.

- Zkontrolujte umístění zornic. Zornice musí ležet ve stejné horizontální rovině, musí být umístěny v zeleném čtverci a pokryté modrou barvou. Pokud tomu tak není, provádí se úprava nastavení prostřednictvím otočných knoflíků na video brýlích, úpravou popruhů na video brýlích nebo přímo v programu v záložce Video Adjustments úpravou parametrů: jas, kontrast, treshold.
- Po správném umístění zornic nastavte hodnoty jednotlivých parametrů: jas, kontrast a prahová úroveň (treshold). Vliv parametrů sledujte na video obrazu snímaných očí.
- Po správném nastavení potvrďte tlačítkem OK.

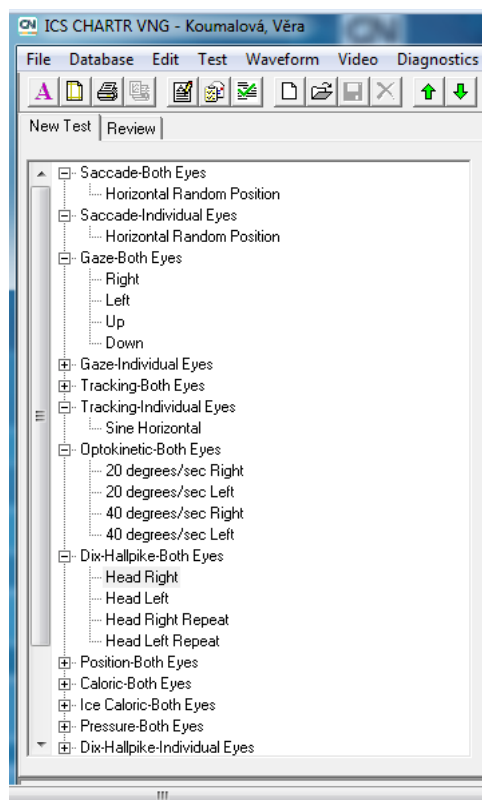


a)


b)

Obrázek 5 Nastavení video obrazu snímaných očí a) **binokulární vyšetření** b) **monokulární vyšetření**

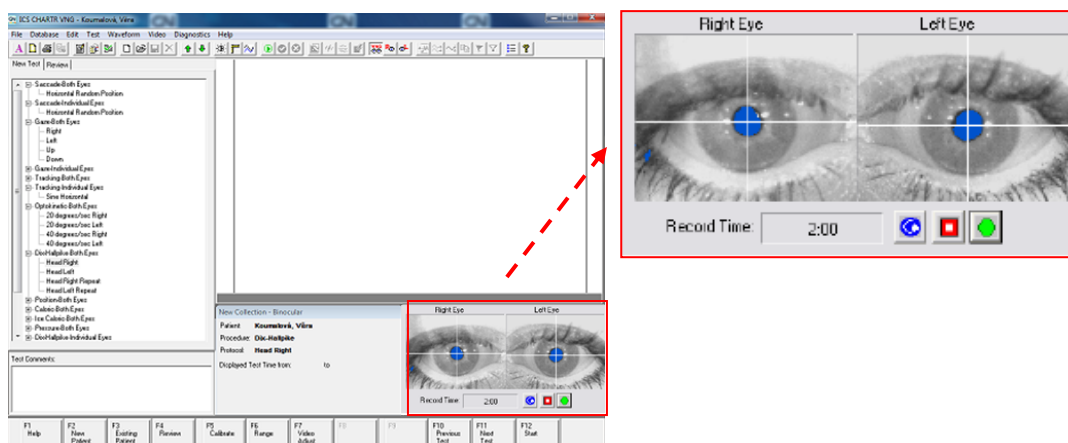
12. Po správném nastavení zornic a parametrů video obrazu otevřete záložku **New Test** (nový test) v levé části okna programu a zde postupně zvolte jednotlivé vyšetřovací testy, které chcete provést. Nabízí se zde velké množství vyšetřovacích testů, vás budou zajímat především vyšetřovací testy saccade, gaze, tracking a optokinetický test.





**Obrázek 6** Seznam vyšetřovacích testů

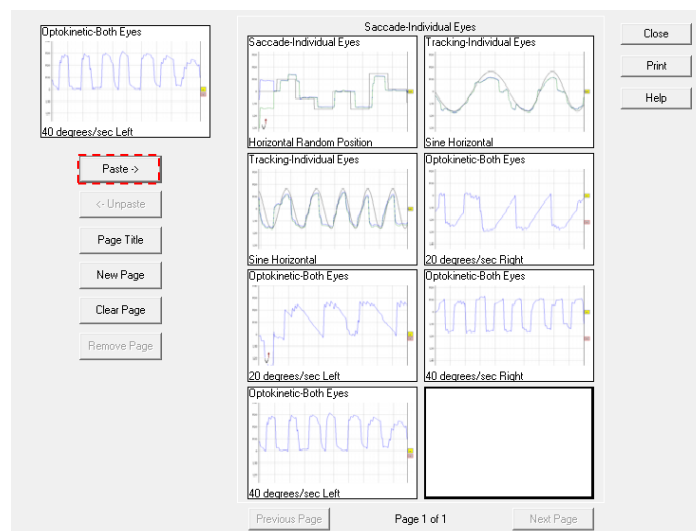
13. Po zvolení vyšetřovacího testu stiskněte na dolním panelu nástrojů tlačítko **Start** nebo klávesu **F12** (Collect), čímž se spustí měření. Ihned poté stiskněte v záložce nastavení videa, viz Obr. 7, tlačítko **Record**  (nahrávání), čímž se spustí nahrávání očních pohybů. Video obraz právě snímaných očí je zobrazen v pravém dolním rohu, nad funkčními tlačítky viz Obr. 7.





**Obrázek 7** Volba, spuštění vyšetřovacího testu a nahrávání video obrazu snímaných očí

14. Pro ukončení testu stiskněte na dolním panelu tlačítko **Stop**  nebo klávesu **F12** a následně poté **Save** nebo opět klávesu **F12**, pro uložení naměřeného průběhu. Současně stiskněte tlačítko **Stop** pro ukončení nahrávání.
  - Tlačítko **Restart** :  slouží ke zrušení probíhajícího měření a k započetí nového nahrávání měření.
15. Výsledné grafické průběhy vyšetřovaného pacienta si můžete prohlédnout v záložce **Review**. Zde můžete také spustit analýzu jednotlivých grafických průběhů. V seznamu proběhlých testů vyberte vyšetřovací test, který chcete analyzovat a poté stisknutím klávesy **F12** nebo stisknutím tlačítka na dolním panelu **Analysis**.
16. Pro souhrnný tisk naměřených výsledků zvolte klávesu **F9** nebo tlačítko **Copy Waveform**. Otevře se okno zobrazené na Obr. 8.
  - V záložce **Review** zvolte v seznamu proběhlých vyšetřovacích testů test, jehož průběh chcete zaznamenat do souhrnné zprávy a který chcete vytisknout. Po jeho označení, zvolte jednoduše posuvníkem tu část naměřeného průběhu, který chcete zaznamenat. Stiskněte klávesu **F9** nebo na dolním panelu funkčních tlačítek **Copy Waveform**. Otevře se okno, ve kterém pro vložení vybraného úseku, pokračujte tlačítkem **Paste** (vložit). Po vložení všech částí proběhlých vyšetřovacích testů pokračujete stiskem klávesy **Print** (tisk) nebo **Close** (k zavření zobrazeného okna).



Obrázek 8 Okno Copy Waveform

## Popis pracovního prostředí

**Hlavní menu** **Panel nástrojů**

**Nabídka vyšetřovacích testů**

**Naměřený grafický záznam vyšetřované osoby**

**Zobrazení video obrazu snímaných očí**

**Možnost zápisu komentáře k jednotlivým vyš. testům**

**Informace o vyš. osobě a vyš. testu**

**Funkční tlačítka**

**Test Comments:**

**New Collection - Binocular**

Patient: **Koumlová, Věra**

Procedure: **Dix-Hallpike**

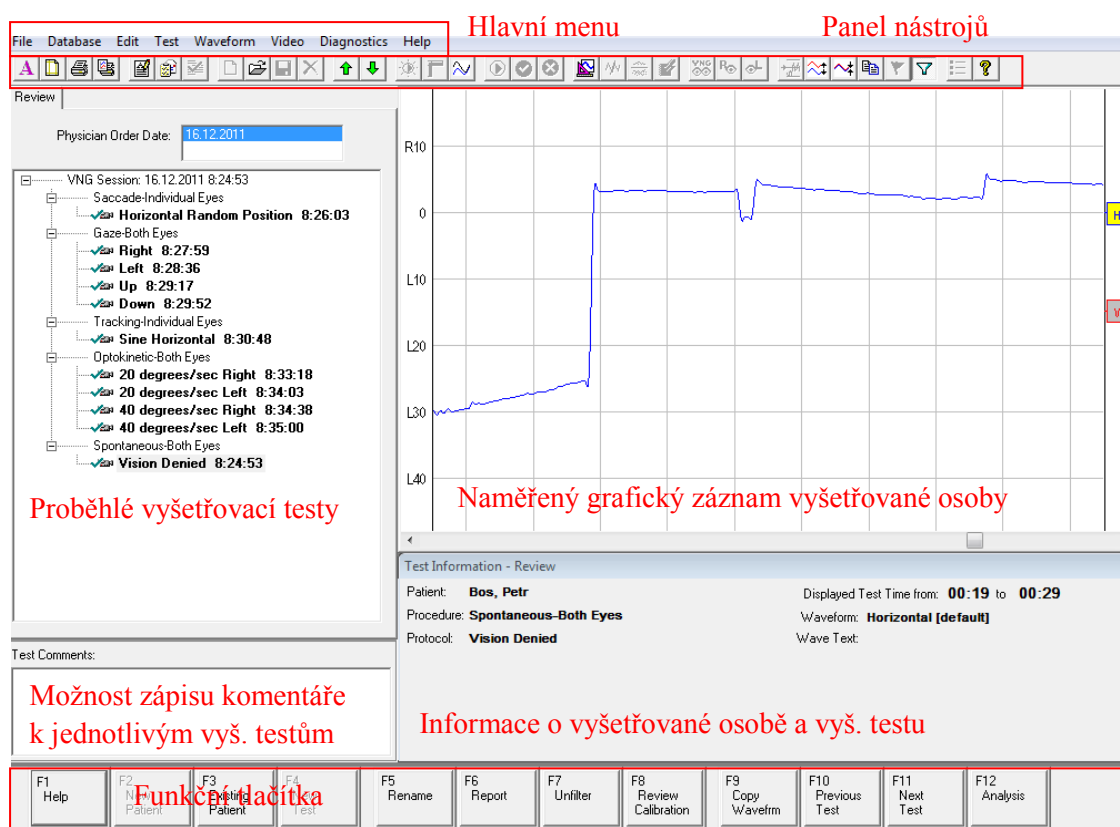
Protocol: **Head Right**

Displayed Test Time from: to

Record Time: 2:00

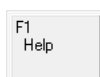
F1 Help F2 New Patient F3 Existing Patient F4 Review F5 Calibrate F6 Range F7 Video Adjust F8 F9 F10 Previous Test F11 Next Test F12 Shut

Obrázek 9 Popis pracovního prostředí hlavního okna ICS Chartr VNG

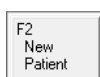


Obrázek 10 Popis pracovního prostředí okna Review

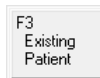
### Panel funkčních tlačítek hlavního okna (umístěn na dolní liště):



Tlačítko **Help** slouží k vyvolání nápovědy v případě, že si nevíte rady.



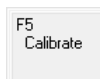
Tlačítko **New Patient** (nový pacient) slouží k zavedení nového pacienta do databáze vyšetřených pacientů. Po jeho stisknutí se zobrazí okno pro vložení osobních údajů vyšetřovaného pacienta.



Tlačítko **Existing Patient** slouží k zobrazení databáze již vyšetřených pacientů.



Tlačítko **Review** slouží k otevření okna, kde jsou zobrazeny naměřené výsledky vyšetřovaného pacienta a informace o vyšetření a daném pacientovi. Okno obsahující hodnocení vyšetřovaných testů.



Tlačítko **Calibrate** slouží ke kalibraci přístroje ICS Chartr 200 VNG.

F10  
Previous  
Test

Tlačítko **Previous Test** slouží k zobrazení předchozího testu.

F11  
Next  
Test

Tlačítko **Next Test** slouží k zobrazení dalšího testu.

F12  
Start

Tlačítko **Start** slouží ke spuštění nahrávání (sběru dat), ke spuštění vyšetření.

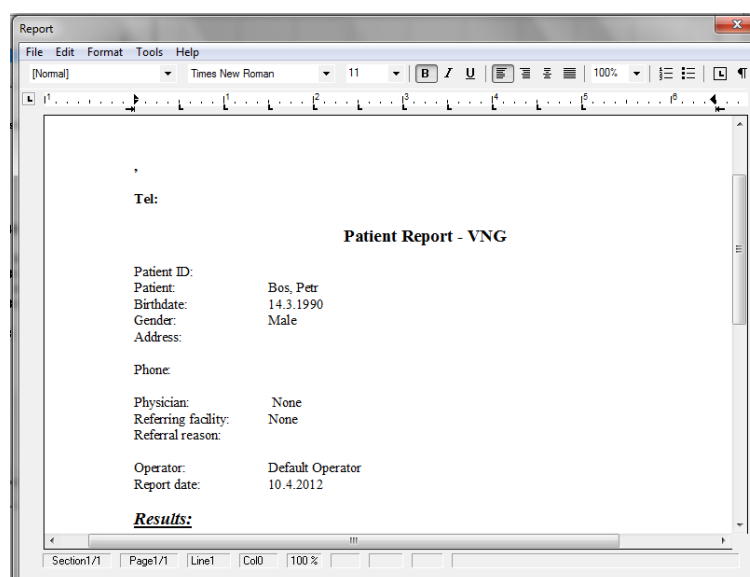
### **Panel funkčních tlačítek okna Review (umístěn na dolní liště):**

F5  
Rename

Tlačítko **Rename** slouží k přejmenování námi zvoleného vyšetřovacího testu.

F6  
Report

Tlačítko **Report** slouží k zobrazení lékařské zprávy, kde jsou uloženy informace o proběhlých vyšetřovacích testech, a o vyšetřovaném pacientovi viz Obr. 11.



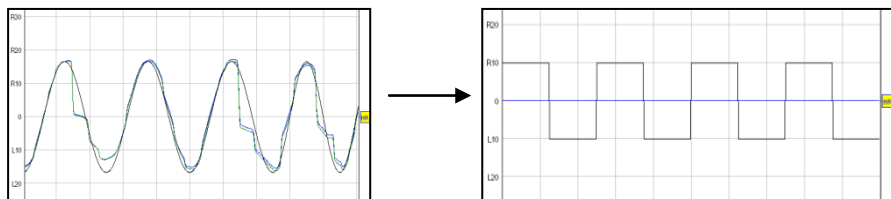
**Obrázek 11** Zpráva (report) o proběhlém vyšetření a vyšetřovaném pacientovi

F7  
Unfilter

Tlačítko **Unfilter (filter)** slouží k zapnutí nebo vypnutí filtru, který odstraňuje rušivé složky měřeného signálu. V průběhu sběru dat jsou zobrazována nefiltrována data. Pokud zvolíme automatickou filtraci, systém zobrazuje filtrovaná data jako výchozí režim. Pomocí klávesy **F7** může uživatel přepínat mezi filtrovanými a nefiltrovanými daty.

F8  
Review  
Calibration

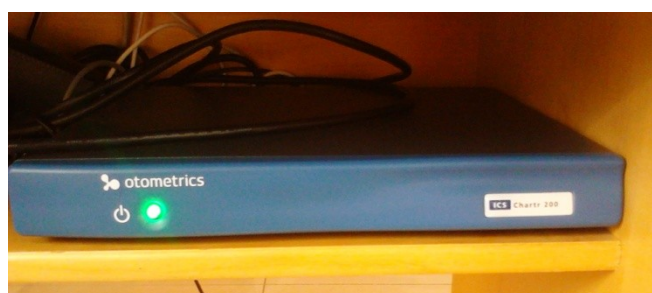
Tlačítko **Review Calibration** slouží ke kalibraci měřeného signálu a k následnému hodnocení měřeného signálu viz Obr. 12.



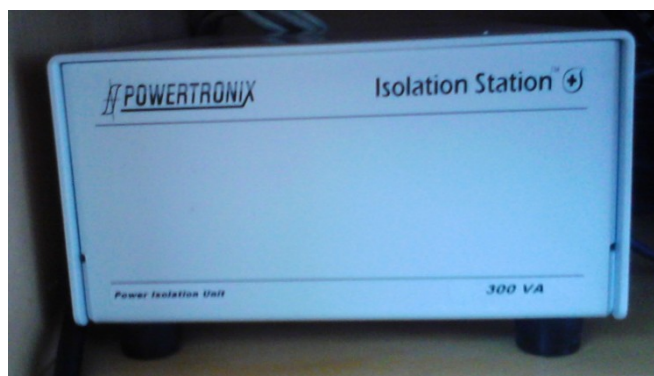
Obrázek 12 Kalibrace měřeného průběhu

F12  
Analysis

Tlačítko *Analysis* slouží k analýze jednotlivých naměřených výsledků.



Příloha č. 2 : Přístroj ICS Chartr 200 VNG/ENG



Příloha č. 3 : Isolační transformátor



Příloha č. 4 : Světelný panel



Příloha č. 5 : Video brýle VG40



Příloha č. 5 : Video brýle VG40



Příloha č. 6 : Vyšetřovací křeslo



Příloha č. 6 : Vyšetřovací křeslo